Conexões Colégio FECAP

Revista de Educação Técnica, Ciência e Inovação

SMART CITY

Inteligência Artificial e soluções para cidades mais humanas.



Versão para avaliação institucional

Nome e identidade propostos para avaliação.
2026 · Corte editorial: 7 de setembro de 2026

VERSÃO PARA AVALIAÇÃO INSTITUCIONAL

Conexões Colégio FECAP

Revista de Educação Técnica, Ciência e Inovação

Nome proposto para avaliação. A denominação e a identidade editorial desta versão não representam aprovação institucional. O Colégio FECAP é o contexto de origem dos trabalhos, não uma indicação de homologação da revista ou dos ambientes digitais descritos.

Tema desta edição

Smart City — Inteligência Artificial e soluções para cidades mais humanas.

Idealizadores, Coordenação Científica

Prof. PhD. Rafael Rossetti

Prof. Msc. Luis Pires

A idealização refere-se exclusivamente à proposta editorial da revista, não ao FECART, aos trabalhos dos estudantes ou a diretrizes institucionais.

Editores e Revisores Científicos

Profa. PhD Débora Machado

Prof. PhD. Rafael Rossetti

Prof. Msc. Luis Pires

Organização e Curadoria Editorial

Rafael Rossetti

Luis Pires

Aguinaldo Alberto de Sousa Júnior

Hebert Alquimim

Robson de Oliveira Cardoso

Autoria, orientação e vinculação

A autoria intelectual de cada trabalho pertence aos autores humanos identificados em sua abertura e em seu texto. A coordenação e a edição da revista não implicam coautoria nos projetos dos estudantes. Os créditos de orientação individual dependem de confirmação pelos respectivos autores e docentes. A afiliação informa a origem acadêmica; não atribui titularidade patrimonial, cessão de direitos ou licença de publicação.

Composição editorial e revisão

Os nomes acima registram a composição solicitada para esta proposta. Sua inclusão não comprova que essas pessoas revisaram ou aprovaram todos os artigos. A validação acadêmica dos textos, dos resultados e das referências permanece indicada no controle de pendências.

Identificação desta versão

São Paulo, 2026. Corte editorial: 7 de setembro de 2026. Circulação para avaliação institucional. Não são atribuídos periodicidade, ISSN, indexação, avaliação por pares ou condição de periódico oficial. Os endereços experimentais mencionados no relato não são canais institucionais de submissão.

APRESENTAÇÃO

Educação técnica em conexão

Esta proposta editorial reúne a produção de estudantes do curso técnico de Inteligência Artificial do **Colégio FECAP**, no contexto de sua preparação para a FECART 2026. Seu propósito é registrar e comunicar perguntas, propostas, experimentações e projetos que aproximam a aprendizagem em sala de aula da investigação científica, da sociedade e do mundo do trabalho. Não são afirmadas parcerias empresariais nem resultados de empregabilidade.

A divulgação oficial do Colégio identifica a FECART como **Feira de Ciências e Educação Profissional Técnica** e anuncia sua realização em **26 de setembro de 2026**. A feira apresenta produções de estudantes de diferentes cursos e itinerários. A programação inclui Inteligência Artificial com o tema *Smart Cities – Inteligência Artificial Aplicada à Cidade Contemporânea* (FECAP, 2026).

A notícia institucional situa a feira como um espaço de apresentação e troca com a comunidade. Ela não substitui o regulamento do evento, que não foi disponibilizado entre os arquivos deste projeto e continua necessário para confirmar regras, competências e objetivos normativos. Esta edição não transforma o planejamento pedagógico de um curso em diretriz geral da FECART.

São distintas as cinco instâncias aqui mencionadas: o evento institucional; o trabalho pedagógico do curso; os projetos de autoria discente; a proposta editorial da revista; e os ambientes digitais experimentais. A idealização atribuída aos docentes diz respeito à proposta da revista, não à criação do evento ou dos trabalhos dos estudantes.

A investigação, a orientação docente, a elaboração de documentos e o desenvolvimento das soluções integram o percurso descrito pelos responsáveis. A apresentação pública é uma etapa prevista para a feira. No corte de 7 de setembro de 2026, não é tratada como atividade já realizada, e não são atribuídos resultados de visitação ou avaliação pública a esta edição.

O título **Conexões Colégio FECAP** procura expressar as relações entre educação técnica, ciência, experimentação e vida coletiva. É uma proposta para apreciação, sem associação do nome da revista aos nomes dos docentes e sem antecipação de decisões institucionais.

CONTRIBUIÇÕES DOCENTES

Formação e atuação

Prof. PhD. Rafael Rossetti

Rafael Rossetti é doutor em Tecnologias da Inteligência e Design Digital e mestre em Desenvolvimento de Jogos pela PUC-SP, além de mestre em Negócios Internacionais pela UCES, na Argentina, conforme a biografia fornecida. Sua formação inclui graduação em Marketing e em Desenvolvimento de Jogos.

Sua experiência reúne docência, pesquisa aplicada, coordenação e desenvolvimento de projetos tecnológicos, com atuação em inteligência artificial, simulação, desenvolvimento de sistemas e criação de experiências digitais. Na proposta editorial, integra a idealização, a coordenação científica, a edição e a curadoria. Essas funções não se confundem com autoria dos projetos discentes nem constituem declaração de aprovação institucional.

Prof. Msc. Luis Pires

Luis Pires é mestre em Ciência da Computação, conforme a biografia fornecida. Sua experiência reúne docência, coordenação de cursos, formação tecnológica e consultoria em transformação digital. O material disponibilizado também registra atuação na liderança de equipes e em iniciativas de educação e tecnologia.

Suas áreas de interesse incluem inteligência artificial, sistemas, maturidade organizacional, computação em nuvem e cibersegurança. Na proposta editorial, integra a idealização, a coordenação científica, a edição e a curadoria. Essas funções não implicam coautoria automática nos projetos dos estudantes nem certificação dos resultados apresentados.

As biografias foram condensadas a partir do material existente, sem adicionar credenciais. A conferência documental da formação e a aprovação das versões resumidas pelos docentes permanecem pendentes. Não foram criadas biografias para colaboradores sem material fornecido.

TRANSPARÊNCIA E RESPONSABILIDADE

Uso de Inteligência Artificial

Produção dos trabalhos

Na produção dos trabalhos reunidos nesta edição, foram utilizadas ferramentas de Inteligência Artificial como apoio em diferentes etapas. ChatGPT, Gemini e Claude auxiliaram a idealização e a estruturação inicial das propostas. O desenvolvimento contou com o apoio de Claude, Codex e ferramentas do ecossistema Google, incluindo Google AI Studio, Nano Banana e Antigravity. O Prism foi utilizado como apoio à elaboração e à organização dos documentos científicos. Essas ferramentas atuaram como recursos de apoio à produção acadêmica; a autoria e a responsabilidade pelo conteúdo permanecem com os autores humanos identificados em cada trabalho.

Esta declaração descreve o conjunto da produção, conforme as informações fornecidas pelo responsável. Não significa que todas as equipes utilizaram todas as ferramentas. As ferramentas de apoio à produção são distintas dos modelos de IA que integram os protótipos. Menções técnicas específicas nos artigos permanecem vinculadas ao que seus autores documentaram.

Produção editorial

O ChatGPT foi utilizado como apoio à elaboração das orientações de revisão. O Prism foi utilizado como apoio à revisão e à preparação dos documentos. Nesta revisão, o apoio computacional abrangeu organização dos arquivos, extração de texto dos PDFs, recomposição em LaTeX, ajustes editoriais, levantamento de inconsistências e compilação. Essas atividades não constituem revisão científica integral certificada, auditoria de dados ou homologação institucional.

A autoria e a responsabilidade pelo conteúdo permanecem com os autores humanos identificados. Essa atribuição não equivale à afirmação de que todas as referências, fórmulas, métricas ou conclusões já foram verificadas. Não foram presumidos prompts, versões, datas de uso anteriores ou procedimentos de validação não informados. Eventuais complementações exigidas pela instituição devem integrar a documentação de avaliação, sem preencher lacunas por suposição.

Limites da declaração

A identificação de ferramentas atende à informação recebida para esta revisão, mas não prova autorização de uso, segurança dos dados ou conformidade integral com protocolos. A conferência institucional das condições de uso, dos dados tratados e dos acessos permanece separada da atividade editorial.

POLÍTICA EDITORIAL

Ler propostas, reconhecer limites

Esta versão destina-se à avaliação institucional e não é declarada pronta para publicação. Os textos dos projetos foram recompostos a partir dos PDFs disponíveis em arquivos editáveis. Não foram substituídos por resumos: o tratamento mantém as seções, descrições, métodos, limitações, resultados e referências recuperáveis das fontes. Capas administrativas e paginações anteriores foram retiradas. Os originais permanecem disponíveis para cotejo.

A recomposição automática é seguida de conferências editoriais, mas a extração de PDF pode introduzir problemas em fórmulas, tabelas, diagramas, caracteres e quebras de palavras. Os pontos identificados e o estágio de cobertura por projeto constam dos documentos separados de controle. Não se declara conferência científica integral enquanto houver pendências.

Um documento de requisitos ou uma proposta conceitual não passa a ser estudo experimental por receber diagramação acadêmica. Números, exemplos, simulações e resultados mantêm a natureza informada na fonte. Alegações dos autores não constituem atestação independente da edição. Em especial, impactos urbanos, ganhos de aprendizagem e desempenho de protótipos exigem evidências e confirmação dos respectivos responsáveis.

As referências presentes nos textos dos autores são distintas das **leituras complementares indicadas pela edição**. Estas últimas não são atribuídas como bibliografia utilizada pelos estudantes. As indicações localizadas em fontes primárias permanecem como leituras complementares; as demais constam apenas do controle separado. Sua eventual incorporação à argumentação depende de pertinência e validação dos autores.

Os cinco agrupamentos temáticos são escolhas de leitura desta edição, não trilhas, salas ou divisões oficiais da feira. A contagem de projetos decorre do inventário dos documentos; a relação de estudantes é conferida separadamente contra a autoria, sem presumir que cada equipe possui exatamente três integrantes.

GUIA DA EDIÇÃO

Cinco agrupamentos editoriais

Código	Agrupamento de leitura	Projetos
R	Resiliência, clima e energia	11
M	Mobilidade e infraestrutura inteligente	3
S	Segurança e percepção urbana	9
H	Saúde, emergência e inclusão	4
E	Economia, educação e decisão	6
	Total de documentos de projetos	33

Cada abertura informa código, título, autoria disponível, síntese editorial e descritores. O texto recomposto aparece em seguida. As sínteses orientam a leitura e não substituem os documentos completos, nem validam automaticamente as funcionalidades descritas.

SUMÁRIO

Conteúdo desta edição

Expediente e condição desta versão i

Colégio FECAP, FECART e proposta editorial ii

Contribuições docentes iii

Prof. PhD. Rafael Rossetti iii

Prof. Msc. Luis Pires iii

Declarações de uso de Inteligência Artificial iv

Produção dos trabalhos iv

Produção editorial iv

Limites da declaração iv

Política editorial desta versão v

Sumário vii

Artigo de abertura 1

Resiliência, clima e energia 11
R01 — CityGrid Brain . . . 12
R02 — Otimização Energética . . . 25
R03 — FloodGuard AI . . . 35
R04 — InfraNexus . . . 44
R05 — UrbanShield . . . 50
R06 — EcoAlerta . . . 57
R07 — Pisos Piezoelétricos . . . 65
R08 — SmartEvac . . . 72
R09 — EcoMonitor Urbano . . . 81
R10 — EcoSense . . . 89
R11 — UrbanShield AI . . . 97

Mobilidade e infraestrutura inteligente 113
M01 — CogniMove . . . 114
M02 — Detecção de Tráfego . . . 124
M03 — SmartPark . . . 131

Segurança e percepção urbana 133
S01 — ArgusMind . . . 134
S02 — Localização de Entidades . . . 144
S03 — FECART V . . . 148
S04 — Detecção de Anomalias . . . 155
S05 — Sentinela Urbana IA . . . 164
S06 — Sentinel IA . . . 172
S07 — Urban Scope . . . 177
S08 — Policiamento Preditivo . . . 185
S09 — UrMind . . . 191

Saúde, emergência e inclusão **199**
H01 — PEBsmart . . . 200
H02 — HealthCore.AI . . . 208
H03 — Sistema de Sangue Artificial . . . 214
H04 — Acessibilidade em Libras . . . 221

Economia, educação e decisão **228**
E01 — Radar de Oportunidades . . . 229
E02 — Essenza . . . 238
E03 — MarketPulse Local . . . 249
E04 — Precificação Geográfica . . . 261
E05 — O Dilema do Presidente . . . 269
E06 — SmartCart . . . 275

Agradecimentos **295**

Nota de edição e pendências **296**

Referências da apresentação e do relato docente **297**

Créditos: estudantes **298**

RELATO DE EXPERIÊNCIA E SISTEMATIZAÇÃO PEDAGÓGICA

Inteligência Artificial e Smart Cities na formação técnica do Colégio FECAP: relato de experiência de uma abordagem baseada em projetos

Rafael Diogo Rossetti e Luis Pires

Curso técnico de Inteligência Artificial, Colégio FECAP, São Paulo, Brasil

Resumo. Este relato sistematiza a proposta pedagógica e a produção documental de estudantes do curso técnico de Inteligência Artificial do Colégio FECAP no contexto de preparação para a FECART 2026. A abordagem descrita pelos docentes articula definição de problemas, investigação bibliográfica, escrita, orientação, prototipação e comunicação. O inventário desta versão reúne 33 projetos; a relação fornecida contém 97 nomes, enquanto as aberturas identificam 96 autores distintos, com divergência registrada para confirmação. Os cinco agrupamentos são editoriais, não divisões oficiais do evento. Os ambientes digitais associados à experiência estão em teste, não são apresentados como sistemas institucionais oficiais e qualquer ampliação em 2027 depende de avaliação e autorização. O corte editorial é 7 de setembro de 2026: a apresentação pública, anunciada para 26 de setembro, permanece prevista. Não são demonstrados efeitos causais sobre aprendizagem, nem resultados medidos de visitação ou avaliação pública. O texto é um relato docente, não regulamento ou documento normativo do FECART.

Palavras-chave: educação técnica; Inteligência Artificial; Smart Cities; aprendizagem baseada em projetos; Colégio FECAP; relato de experiência.

Abstract. This experience report describes the pedagogical proposal and documentary production of students in the Technical Program in Artificial Intelligence at Colégio FECAP in preparation for FECART 2026. The teachers' account connects problem definition, literature research, writing, supervision, prototyping, and communication. The inventory comprises 33 projects. The supplied student list contains 97 names, whereas project openings identify 96 distinct authors; this discrepancy requires confirmation. Five thematic groups are editorial categories, not official divisions of the event. Related digital environments are being tested and are not presented as official institutional systems. Any expanded use in 2027 remains conditional on institutional evaluation and authorization. The editorial cutoff is September 7, 2026; the public presentation announced for September 26 is still forthcoming. No causal learning effects or measured visitor and public assessment outcomes are established. This is a teachers' experience report, not an institutional regulation.

Keywords: technical education; Artificial Intelligence; Smart Cities; project-based learning; Colégio FECAP; experience report.

1 Introdução

A rápida disseminação da Inteligência Artificial amplia a necessidade de discutir não apenas quais tecnologias devem ser ensinadas, mas também como os estudantes aprendem a concebê-las, utilizá-las, avaliá-las e questioná-las. Em cursos técnicos, essa discussão assume relevância particular. Espera-se uma formação aplicada e próxima das tecnologias empregadas no mundo do trabalho, mas é preciso evitar que o ensino se reduza à reprodução de procedimentos, ferramentas ou códigos desvinculados de problemas, métodos e consequências.

Ao discutir metodologias ativas na Educação Profissional e Tecnológica, Barbosa e Moura (2013) defendem abordagens que posicionam o estudante como agente do processo de aprendizagem e aproximam o desenvolvimento de competências profissionais de situações concretas. A Aprendizagem Baseada em Problemas e a Aprendizagem Baseada em Projetos apresentam, segundo os autores, características especialmente compatíveis com a formação profissional.

A literatura internacional sustenta entendimento semelhante. Blumenfeld *et al.* (1991) caracterizam a Aprendizagem Baseada em Projetos como uma abordagem que envolve os estudantes na investigação de problemas autênticos e na construção de produtos ou soluções decorrentes desse processo. Bell (2010) destaca a investigação, a colaboração, a autonomia, a comunicação e a resolução de problemas entre as competências mobilizadas pela abordagem.

No contexto brasileiro da Educação Profissional e Tecnológica, Crestani e Machado (2023) investigaram a aplicação da aprendizagem baseada em projetos com estudantes de cursos técnicos de nível médio. A experiência reuniu pesquisa, organização, trabalho em grupo, independência e aproximação entre teoria e prática.

Essas características são particularmente pertinentes ao ensino de Inteligência Artificial. O *AI Competency Framework for Students*, publicado pela UNESCO, propõe uma formação organizada em quatro dimensões: perspectiva centrada no ser humano, ética da IA, técnicas e aplicações de IA e projeto de sistemas de IA. O documento também apresenta uma progressão entre compreender, aplicar e criar, com o objetivo de formar usuários responsáveis e cocriadores de tecnologias inteligentes (Miao; Shiohira; Lao, 2024).

Foi nesse contexto que o curso técnico de Inteligência Artificial do Colégio FECAP estruturou sua participação na FECART 2026 a partir do tema *Smart City*. Em vez de organizar a produção estudantil somente em torno de demonstrações tecnológicas, foi estabelecida uma arquitetura formativa na qual a construção do protótipo seria precedida pela definição de um problema, investigação bibliográfica, elaboração de artigo científico, planejamento metodológico e validação docente.

O planejamento docente previa grupos de trabalho, escolha de problemas e elaboração de um documento científico anterior ao desenvolvimento da solução. As fontes registram equipes de tamanhos distintos; não se generaliza a composição em trios. A passagem de uma etapa à seguinte é descrita como acompanhamento pedagógico, não autorização institucional de publicação ou implantação.

A escolha de *Smart City* ofereceu um eixo integrador adequado. O conceito de cidade inteligente não se restringe à presença de dispositivos ou infraestrutura digital. Caragliu, Del Bo e Nijkamp (2011) relacionam seu desenvolvimento a investimentos em infraestrutura, capital humano e social, qualidade de vida, sustentabilidade e participação. Albino, Berardi e Dangelico (2015) também demonstram a multiplicidade de dimensões envolvidas na caracterização de uma cidade inteligente.

Consequentemente, a cidade foi tratada como um sistema complexo no qual tecnologia, pessoas, infraestrutura, dados, decisões e impactos sociais se encontram. Este artigo descreve e analisa a arquitetura pedagógica e organizacional empregada na FECART 2026 pelo curso técnico de Inteligência Artificial da FECAP, discutindo como Aprendizagem Baseada em Projetos, investigação científica, prototipação, gestão digital e comunicação pública podem compor uma formação orientada tanto à criação tecnológica quanto ao pensamento científico.

2 Aprendizagem baseada em projetos e formação técnica

A Aprendizagem Baseada em Projetos modifica a relação entre conteúdo e atividade. O projeto deixa de aparecer apenas ao final de uma sequência de aulas como demonstração do que foi ensinado e passa a organizar parte do próprio processo de aprendizagem.

Blumenfeld *et al.* (1991) relacionam essa abordagem à investigação de questões significativas e à construção de artefatos concretos. A existência de um problema que demande investigação distingue a experiência de uma tarefa meramente operacional. Os estudantes precisam fazer escolhas, buscar informações, articular conhecimentos e avaliar alternativas.

Bell (2010) associa a metodologia ao desenvolvimento de competências de investigação, colaboração, comunicação e resolução de problemas, além de destacar o papel ativo do estudante. A revisão de Guo *et al.* (2020) identificou resultados acadêmicos e afetivos em diferentes experiências de Aprendizagem Baseada em Projetos, ao mesmo tempo em que mostrou a diversidade de desenhos metodológicos e instrumentos de avaliação.

No campo da Educação Profissional e Tecnológica, essa lógica possui implicações adicionais. Barbosa e Moura (2013) argumentam que metodologias ativas contribuem para o desenvolvimento de competências profissionais de forma menos dependente de modelos baseados na transmissão de informações. Crestani e Machado (2023), em estudo com alunos de educação profissional de nível médio, mostram que projetos orientados podem articular conteúdos técnicos, pesquisa, organização, feedback e trabalho colaborativo.

Para um curso técnico de Inteligência Artificial, essa articulação é decisiva. Construir um classificador, uma interface ou um modelo preditivo é importante, mas insuficiente quando essa competência está separada da capacidade de responder a perguntas essenciais. Qual problema está sendo resolvido? Quais dados sustentam o modelo? Como o sistema será avaliado? Quais são suas limitações? Que erros podem ocorrer? Quem pode ser prejudicado por uma decisão inadequada? Em que contexto a solução deixa de ser válida?

A perspectiva adotada no planejamento do curso para a FECART 2026 procurou incorporar essas perguntas ao próprio fluxo de desenvolvimento.

3 Smart City como eixo integrador de pesquisa aplicada

A escolha de *Smart City* como tema central permitiu tratar a cidade como campo de experimentação interdisciplinar. Cidades contemporâneas enfrentam problemas de mobilidade, energia, segurança, saúde, inclusão, sustentabilidade, infraestrutura, economia, gestão pública e tomada de decisão. Esses problemas envolvem dados heterogêneos, variáveis temporais, restrições de recursos e diferentes grupos sociais, características adequadas à exploração educacional de técnicas de IA.

A literatura alerta, entretanto, para a inadequação de compreender cidades inteligentes apenas como ambientes com maior densidade tecnológica. Caragliu, Del Bo e Nijkamp (2011) incluem capital humano, qualidade de vida, governança e participação entre as dimensões relevantes do desenvolvimento urbano inteligente. Albino, Berardi e Dangelico (2015) reforçam que nenhuma característica tecnológica é capaz de definir isoladamente uma cidade inteligente.

Essa interpretação orientou a proposta pedagógica do curso para a FECART. Os estudantes não receberam apenas a tarefa de desenvolver “uma IA”. Foram convidados a investigar como diferentes formas de inteligência computacional poderiam ser aplicadas aos desafios da cidade contemporânea.

A proposta pedagógica descrita neste relato propôs nichos de investigação e estabeleceu que, antes da implementação, os grupos deveriam formular o problema, construir a fundamentação teórica, descrever a arquitetura, definir a metodologia, apresentar critérios de validação e considerar aspectos de governança e ética.

Os 33 trabalhos selecionados para a primeira edição da **Conexões Colégio FECAP: Smart City** foram posteriormente agrupados em cinco macroperspectivas: resiliência, clima e energia; mobilidade e infraestrutura; segurança e percepção urbana; saúde, emergência e inclusão; e economia, educação e decisão.

Essas categorias não são estanques. Vários trabalhos mobilizam simultaneamente programação, ciência de dados, Internet das Coisas, visão computacional, modelagem matemática, desenvolvimento de interfaces, sensores, otimização, aprendizado de máquina e reflexão ética. Essa heterogeneidade constitui uma das contribuições pedagógicas do eixo *Smart City*: um problema urbano costuma exigir que o estudante atravesse fronteiras disciplinares.

4 Metodologia

Este trabalho caracteriza-se como estudo de caso descritivo e exploratório, apresentado na forma de relato de experiência educacional. A abordagem é predominantemente qualitativa e utiliza dados quantitativos descritivos relativos à produção acadêmica e à participação no projeto.

A unidade de análise corresponde ao planejamento e à produção documental do curso técnico de Inteligência Artificial do Colégio FECAP em preparação para a FECART 2026. O corpus efetivamente disponível à revisão editorial inclui os PDFs dos projetos, a relação de autoria, os textos docentes e os esclarecimentos fornecidos pelo responsável. Registros operacionais, atas de validação, bases experimentais e comprovantes de uso das plataformas não foram disponibilizados para auditoria nesta revisão.

A análise descreve a articulação pretendida entre pesquisa, documentação, desenvolvimento, colaboração e comunicação. O planejamento docente é relatado como tal. A existência dos documentos é verificável no inventário, mas não prova execução de todos os testes descritos.

Não foram empregados grupo de controle, avaliação padronizada pré e pós-intervenção ou desenho experimental capaz de demonstrar efeitos causais sobre aprendizagem. A participação no evento permanece prevista para 26 de setembro de 2026, conforme a divulgação oficial (FECAP, 2026). O corte de revisão é 7 de setembro de 2026.

O título anteriormente registrado como “Projeto Institucional FECART 2026” designava, segundo esclarecimento do responsável, o trabalho relatado nesta própria edição. Não foi localizado no acervo um documento normativo independente com essa natureza. As autocitações circulares foram retiradas; este relato não substitui o regulamento oficial do evento.

5 Planejamento pedagógico do curso para a FECART 2026

5.1 Do problema ao artigo científico

Uma das decisões centrais da experiência foi inverter uma sequência comum em eventos escolares de tecnologia. No planejamento do curso para a FECART 2026, o protótipo não deveria nascer primeiro para receber uma justificativa teórica posterior. O percurso foi estruturado para que a pesquisa antecedesse a implementação.

O planejamento do curso descrito pelos docentes estabeleceu o lançamento do tema e a formação dos grupos em abril, a submissão dos artigos para avaliação docente em junho, a divulgação dos trabalhos aprovados e a autorização para desenvolvimento em julho, a implementação e os testes em agosto e a demonstração pública em setembro de 2026.

Cada grupo deveria delimitar um problema relacionado ao ambiente urbano, buscar referências, justificar sua relevância, selecionar tecnologias, descrever uma estratégia metodológica e estabelecer critérios para avaliar a solução. O planejamento previa acompanhamento pelos professores antes da construção da prova de conceito. A confirmação das validações efetivamente realizadas requer os registros correspondentes.

Essa estrutura introduziu estudantes da formação técnica a elementos essenciais da cultura científica: problematização, revisão de literatura, explicitação metodológica, produção de evidências, registro de limitações, argumentação e comunicação de resultados.

5.2 Prototipação e honestidade metodológica

A natureza escolar do projeto impôs limites importantes, tratados como parte do aprendizado. Nem todas as equipes poderiam acessar bases reais de grande escala, infraestrutura urbana, redes de sensores distribuídos ou sistemas críticos. Os documentos descrevem, conforme o projeto, uso ou previsão de dados sintéticos, simulações, ambientes controlados, vídeos de teste, maquetes, sensores em pequena escala e provas de conceito. O estágio de execução deve ser lido em cada trabalho, sem generalizar resultados entre equipes.

A proposta pedagógica descrita neste relato reconhece que essas limitações não invalidam a experiência, desde que os autores distingam com clareza uma prova de conceito, um experimento e uma solução pronta para implantação.

O *CityGrid Brain*, por exemplo, propõe uma arquitetura híbrida para gestão de redes elétricas urbanas e explicita o uso de uma base sintética, além de reconhecer limites de transferência para redes reais. Outros trabalhos registram restrições relacionadas à iluminação, qualidade visual, pose, semelhança entre indivíduos, governança, privacidade e disponibilidade de dados. Esses registros aproximam o ensino técnico de uma compreensão mais madura da ciência aplicada: limitações e resultados negativos também produzem conhecimento.

6 Ambientes digitais experimentais

No contexto dos trabalhos desta edição de 2026, estão sendo testados ambientes digitais desenvolvidos para explorar possibilidades de apoio à organização e ao acompanhamento das atividades. Os testes buscam identificar necessidades, limitações e ajustes técnicos e funcionais. Existe a intenção de propor sua utilização ampliada no Colégio FECAP em 2027, condicionada aos resultados dos testes e aos processos de avaliação, autorização e eventual homologação institucional. No estágio aqui relatado, esses ambientes não são apresentados como sistemas oficiais da instituição.

O texto docente registra o desenvolvimento de um ambiente identificado por `fecart.com.br`, concebido para organizar grupos, documentos, etapas e acompanhamento pedagógico. Essas funções descrevem sua finalidade e as funcionalidades relatadas pelos responsáveis; a revisão não testou sua implementação nem atestou os registros de uso. O endereço não é apresentado como site oficial da revista ou canal institucional de submissão.

O ambiente identificado por `fecart-ai-share.duckdns.org` é descrito como iniciativa de compartilhamento organizado de acesso a recursos de desenvolvimento. O material existente atribui colaboração aos estudantes Renan Morellato Ribeiro, Manuella Moretti Landim e Melissa Nunes de Oliveira. Esse crédito é preservado e não atribui a eles, por inferência, responsabilidade administrativa, jurídica ou de segurança sobre toda a infraestrutura.

O relato anterior menciona quatro licenças profissionais de Codex e Antigravity, agendamentos, controle de disponibilidade e informações de consumo de tokens. Essas são informações relatadas, a confirmar por inventário técnico e registros operacionais; não constituem constatação de auditoria. Não se afirma economia de custos, equidade comprovada de acesso ou aceleração mensurada do desenvolvimento sem evidências.

As fichas técnicas separadas registram finalidade, funções relatadas, colaboradores e lacunas relativas a responsáveis formais, infraestrutura, integrações, dados tratados, segurança e procedimento de acesso para avaliação. A condição experimental não comprova autorização do teste nem substitui análise institucional de dados e permissões. Não foram inseridas credenciais na revista e não se afirma concessão de acesso à equipe avaliadora.

7 Inteligência Artificial como objeto e instrumento de aprendizagem

Na experiência relatada, a Inteligência Artificial assumiu um duplo papel. Ela foi o objeto de estudo dos projetos e também uma ferramenta utilizada em sua construção.

As ferramentas e suas finalidades foram informadas pelo responsável e estão discriminadas na declaração de uso de IA desta edição: ChatGPT, Gemini e Claude na idealização; Claude, Codex e ferramentas Google no desenvolvimento; Prism na elaboração documental. A informação é coletiva, não uma atribuição de todas as ferramentas a todas as equipes. O uso editorial de ChatGPT e Prism está declarado separadamente. Não se presume rastreabilidade ou verificação integral já concluída.

Respostas produzidas por IA não devem ser aceitas apenas porque parecem convincentes. Dados, referências, códigos e conclusões precisam passar por avaliação humana, testes e confronto com evidências. A recomendação da UNESCO para a ética da IA destaca direitos humanos, dignidade, transparência, equidade e supervisão humana como fundamentos para o uso responsável dessas tecnologias (UNESCO, 2021).

A experiência procurou evitar dois extremos: proibir a IA em atividades acadêmicas e permitir seu emprego de forma acrítica e não rastreável. O estudante foi estimulado a utilizar ferramentas inteligentes, mas permaneceu responsável pelo que decidiu pesquisar, implementar, verificar, apresentar e publicar. A IA foi tratada como meio de potencializar habilidades humanas, não como substituta da autoria, do julgamento ou da responsabilidade.

8 Organização estudantil e apresentação prevista

O relato docente descreve a distribuição dos estudantes em comitês de planejamento, comunicação, montagem e apoio. Essas contribuições são apresentadas como parte da preparação do curso, não como atribuições normativas de toda a FECART. A organização em salas temáticas e propostas de ambientação é relatada como planejamento de exposição; sua execução final depende da programação e das condições institucionais.

O desafio pedagógico inclui tornar problemas técnicos compreensíveis para pessoas externas às equipes. Narrativa, visualização, interface e demonstração podem apoiar a comunicação dos projetos. Essa perspectiva dialoga com a discussão de investigação, colaboração e comunicação em aprendizagem baseada em projetos (Bell, 2010).

Também é descrita uma proposta de avaliação pública por mais de trinta categorias ou *tags*, como *Inovador*, *Impacto Social* e *Emprego de Tecnologia Avançada*, prevendo até três escolhas por visitante. O texto registra uma funcionalidade planejada, não avaliação realizada ou procedimento oficial da feira. Não há resultados públicos de classificação a apresentar no corte deste relato.

9 Resultados e discussão

9.1 Produção científica e tecnológica

A evidência diretamente acessível à revisão é a produção documental inventariada. A edição **Conexões Colégio FECAP: Smart City** reúne 33 projetos e uma relação fornecida com 97 nomes. O cotejo das aberturas identifica 96 autores distintos; Henrique Salim aparece nos créditos, sem vínculo a projeto identificado nas aberturas. A divergência está registrada para confirmação, sem atribuir coautoria por suposição. Os trabalhos foram organizados em cinco agrupamentos editoriais.

Eixo	Projetos	Problemas abordados
Resiliência, clima e energia	11	Redes elétricas, enchentes, emergências e eficiência energética.
Mobilidade e infraestrutura	3	Tráfego, circulação e estacionamento.
Segurança e percepção urbana	9	Visão computacional, anomalias e sistemas preditivos.
Saúde, emergência e inclusão	4	Saúde urbana, acessibilidade e tecnologias assistivas.
Economia, educação e decisão	6	Mercado, precificação, simulação e apoio à decisão.
Total	**33**	

A categorização mostra que *Smart City* funcionou como problema guarda-chuva e permitiu diferentes níveis de complexidade técnica sem eliminar a unidade conceitual. A variedade de tecnologias é importante, mas a diversidade de perguntas formuladas pelos estudantes é ainda mais significativa. A revista reúne aplicações de previsão, otimização, classificação, visão computacional, Internet das Coisas, gêmeos digitais, automação, simulação, acessibilidade e apoio à decisão.

9.2 Pesquisa antes da implementação

Uma característica da proposta docente é a previsão de acompanhamento entre a pesquisa e a implementação. A elaboração de um documento anterior ao protótipo pretende oferecer um ponto de discussão pedagógica. A existência desse planejamento não comprova aprovação formal de cada grupo; os registros correspondentes permanecem necessários.

Essa decisão dialoga com Barbosa e Moura (2013), para quem atividade prática e autonomia não significam ausência de orientação, mas reorganização da relação entre estudante, professor e conhecimento. Também se aproxima dos resultados de Crestani e Machado (2023), que destacam a importância de orientação, feedback e organização em projetos desenvolvidos na Educação Profissional e Tecnológica.

9.3 O evento como audiência autêntica

A apresentação pública foi concebida como a culminância do percurso acadêmico e como espaço de demonstração e comunicação para pessoas externas à sala de aula. Uma audiência real altera a natureza da produção: o projeto deixa de ser construído apenas para avaliação do professor e passa a precisar ser explicado, defendido e demonstrado diante de públicos com diferentes níveis de conhecimento.

No corte deste relato, dados de fluxo, visitação, atribuição de tags e interação pública na FECART 2026 não são resultados observados. A versão anterior mencionava estimativas baseadas em ensaios e registros de 2025, mas não fornecia bases ou memória de cálculo para conferência. Essas estimativas não são utilizadas como evidência de impacto desta experiência. Registros posteriores ao evento poderão fundamentar outro relato, com nova data de corte.

9.4 Da feira à memória científica

Um desafio recorrente em feiras escolares é a natureza efêmera dos projetos. Depois da apresentação, protótipos podem ser desmontados, equipes se dispersam e parte do processo deixa de ser acessível. A criação da **Conexões Colégio FECAP**, procura enfrentar esse problema por meio de um registro permanente da produção.

A revista reúne projetos acadêmicos do curso de Inteligência Artificial, preserva a autoria dos estudantes e organiza os trabalhos por afinidade temática. Artigo, protótipo e apresentação pública tornam-se manifestações complementares da mesma investigação.

10 Pesquisa científica na formação técnica

A experiência permite formular uma questão mais ampla: em que momento da formação deve começar o contato sistemático do estudante com a produção científica?

Problematização, construção de hipóteses, busca de evidências, explicitação metodológica, documentação de resultados e reconhecimento de limitações não precisam ser reservados à graduação ou à pós-graduação. Na Educação Profissional e Tecnológica, esses elementos assumem características próprias. O objetivo não é reproduzir precocemente toda a estrutura da pesquisa universitária, mas desenvolver uma postura diante de problemas técnicos. Não basta construir algo que funcione. É preciso compreender por que funciona, em quais condições, como sabemos que funciona e quais são as consequências de colocá-lo em funcionamento.

Barbosa e Moura (2013) situam as metodologias ativas como pertinentes à construção de competências profissionais. Crestani e Machado (2023) demonstram que a aprendizagem baseada em projetos pode articular conteúdos técnicos, pesquisa, organização e colaboração ainda no nível médio.

No ensino de IA, essa perspectiva ganha importância adicional. Um estudante capaz de treinar um modelo, mas incapaz de avaliar a procedência dos dados, reconhecer sobreajuste, identificar vieses, interpretar métricas ou questionar uma conclusão automatizada possui uma competência técnica incompleta. Da mesma forma, utilizar IA generativa para produzir textos, códigos e imagens sem desenvolver capacidade de validação pode acelerar tarefas sem ampliar a compreensão.

Por isso, a abordagem pedagógica do curso combina criação e crítica. O estudante ocupa as posições de desenvolvedor, pesquisador, avaliador e comunicador de sua própria solução.

11 Considerações finais

A experiência da FECART 2026 no curso técnico de Inteligência Artificial do Colégio FECAP propõe uma mudança de perspectiva sobre o papel de uma feira científica e tecnológica. Em vez de tratar o evento como ponto isolado para exposição de protótipos, foi construído um percurso que articula problema, pesquisa, artigo científico, validação docente, prototipação, testes, gestão digital, trabalho colaborativo, organização estudantil e comunicação pública.

O eixo *Smart City* permitiu integrar diferentes campos de aplicação da IA e aproximar conteúdos técnicos de problemas reconhecíveis da vida urbana. Os 33 documentos inventariados apresentam aplicações diversas; a correspondência entre a relação de 97 estudantes e a autoria dos projetos requer a confirmação registrada no controle.

Os ambientes digitais em teste exploram possibilidades de acompanhamento. Sua avaliação técnica e institucional permanece pendente, e a intenção de ampliação em 2027 depende dos resultados dos testes e de autorização. Comitês, ambientação e apresentação pública são descritos nos limites do planejamento e das atividades de preparação relatadas, sem atribuir resultados de aprendizagem ou de recepção pública ainda não medidos.

Mais do que ensinar estudantes a operar ferramentas de IA, a proposta procurou colocá-los diante das responsabilidades associadas à construção dessas tecnologias. Definir um problema, pesquisar o conhecimento existente, selecionar métodos, documentar decisões, testar soluções, reconhecer limitações, considerar consequências éticas e comunicar resultados são competências científicas e profissionais que podem começar a ser desenvolvidas na formação técnica.

A contribuição deste relato é sistematizar uma proposta de formação na qual fazer e investigar sejam partes do mesmo processo. A Inteligência Artificial amplia aquilo que os estudantes conseguem criar. O desafio educacional é garantir que essa ampliação da capacidade de fazer seja acompanhada por uma ampliação equivalente da capacidade de pensar, avaliar, justificar e assumir responsabilidade pelo que foi criado.

REFERÊNCIAS DO ARTIGO DE ABERTURA

Referências

ALBINO, Vito; BERARDI, Umberto; DANGELICO, Rosa Maria. Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives. **Journal of Urban Technology**, v. 22, n. 1, p. 3–21, 2015. DOI: 10.1080/10630732.2014.942092.

BARBOSA, Eduardo Fernandes; MOURA, Dácio Guimarães de. Metodologias ativas de aprendizagem na Educação Profissional e Tecnológica. **Boletim Técnico do Senac**, v. 39, n. 2, p. 48–67, 2013. DOI: 10.26849/bts.v39i2.349.

BELL, Stephanie. Project-Based Learning for the 21st Century: Skills for the Future. **The Clearing House**, v. 83, n. 2, p. 39–43, 2010. DOI: 10.1080/00098650903505415.

BLUMENFELD, Phyllis C.; SOLOWAY, Elliot; MARX, Ronald W.; KRAJCIK, Joseph S.; GUZDIAL, Mark; PALINCSAR, Annemarie. Motivating Project-Based Learning: Sustaining the Doing, Supporting the Learning. **Educational Psychologist**, v. 26, n. 3-4, p. 369–398, 1991. DOI: 10.1080/00461520.1991.9653139.

CARAGLIU, Andrea; DEL BO, Chiara; NIJKAMP, Peter. Smart Cities in Europe. **Journal of Urban Technology**, v. 18, n. 2, p. 65–82, 2011. DOI: 10.1080/10630732.2011.601117.

CRESTANI, Carlos Eduardo; MACHADO, Márcio Bender. Aprendizagem baseada em projetos na educação profissional e tecnológica como proposta ao ensino remoto forçado. **Revista Brasileira de Educação**, v. 28, e280048, 2023. DOI: 10.1590/S1413-24782023280048.

GUO, Pengyue; SAAB, Nadira; POST, Lysanne S.; ADMIRAAL, Wilfried. A Review of Project-Based Learning in Higher Education: Student Outcomes and Measures. **International Journal of Educational Research**, v. 102, p. 101586, 2020. DOI: 10.1016/j.ijer.2020.101586.

MIAO, Fengchun; SHIOHIRA, Kelly; LAO, Natalie. **AI Competency Framework for Students**. Paris: UNESCO, 2024. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000391105. Acesso em: 18 ago. 2026.

UNESCO. **Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence**. Paris: UNESCO, 2021. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137. Acesso em: 18 ago. 2026.

01

Resiliência, clima e energia

Modelos preditivos, sensores e simulações enfrentam a pressão climática e energética sobre as cidades.

PROJETOS NESTE DOSSIÊ

CityGrid Brain; Otimização Energética em Smart Cities; FloodGuard AI; InfraNexus; UrbanShield; EcoAlerta; Pisos Piezoelétricos; SmartEvac; EcoMonitor Urbano; EcoSense; UrbanShield AI.

R01

ARTIGO / PROJETO

RESILIÊNCIA, CLIMA E ENERGIA

CityGrid Brain: Sistema Híbrido de Inteligência Artificial para Otimização de Consumo Elétrico em Cidades Inteligentes

Heitor Jardim de Souza, Guilherme Hatori Calligari e Jean Victor Reinaldo de Santana

DESTAQUE EDITORIAL

Uma arquitetura híbrida combina regras, XGBoost, redes LSTM, algoritmo genético e aprendizado por reforço para monitorar risco e redistribuir carga em redes elétricas urbanas.

DESCRITORES

smart grids; previsão de carga; otimização; explicabilidade; IoT

Identificação nesta versão: Heitor Jardim de Souza, Guilherme Hatori Calligari e Jean Victor Reinaldo de Santana. *CityGrid Brain: Sistema Híbrido de Inteligência Artificial para Otimização de Consumo Elétrico em Cidades Inteligentes*. In: *Conexões Colégio FECAP: Smart City*. Versão para avaliação institucional, 2026, p. 13–24.

Síntese de leitura elaborada pela edição a partir do documento disponível. Funcionalidades descritas não são, por si, evidência de implementação ou desempenho validado. A autoria segue a relação fornecida; conferências e divergências constam do controle separado.

TRABALHO DISCENTE

CityGrid Brain: Sistema Híbrido de Inteligência Artificial para Otimização de Consumo Elétrico em Cidades Inteligentes

Heitor Jardim de Souza, Guilherme Hatori Calligari e Jean Victor Reinaldo de Santana

Curso técnico de Inteligência Artificial, Colégio FECAP, São Paulo, Brasil

Nota editorial sobre a natureza do trabalho. Estudo com base sintética e resultados numéricos relatados pelos autores. Os percentuais e tempos não foram reproduzidos pela edição. As afirmações científicas permanecem sob responsabilidade dos autores; validações e pendências específicas constam do controle separado.

Resumo

A gestão energética urbana tornou-se um problema estratégico para cidades brasileiras diante da eletrificação de usos finais, da expansão de geração distribuída, da penetração de veículos elétricos e da necessidade de manter padrões de qualidade de energia em redes cada vez mais dinâmicas. Este artigo apresenta o CityGrid Brain, um sistema híbrido de inteligência artificial para monitoramento, previsão, classificação de risco e otimização de consumo elétrico em cidades inteligentes. A proposta integra quatro camadas: ingestão de dados IoT em tempo real, processamento de 46 atributos operacionais, motor de inteligência híbrido e interface de decisão com explicabilidade. A metodologia combina regras heurísticas baseadas no PRODIST Módulo 8 da ANEEL, XGBoost para classificação multiclasse de risco, redes LSTM bidirecionais para previsão de demanda por zona, algoritmo genético para redistribuição de carga e aprendizado por reforço com PPO para apoio ao despacho. O estudo utiliza um dataset sintético operacional com 100.000 registros, oito zonas urbanas e período simulado de 60 dias, construído com parâmetros elétricos, climáticos e urbanos compatíveis com o contexto brasileiro. Os resultados indicam acurácia de 96,91% e F1 ponderado de 0,9690 para o XGBoost, enquanto o LSTM obteve MAE médio de 2,161 MW e MAPE médio de 18,62%. O motor de decisão apresentou tempo médio inferior a 15 ms por ciclo e potencial estimado de redução de até 18% no consumo em horários de pico. Conclui-se que a abordagem híbrida é promissora para aplicações educacionais, prototipagem de smart grids e apoio à operação urbana.

Palavras-chave: cidades inteligentes; redes elétricas inteligentes; aprendizado de máquina; previsão de carga; otimização energética.

Keywords: smart cities; smart grids; machine learning; load forecasting; energy optimization.

Abstract

Urban energy management has become a strategic challenge for Brazilian cities due to end-use electrification, distributed generation growth, electric vehicle adoption, and the need to preserve power quality standards in increasingly dynamic networks. This paper presents City- Grid Brain, a hybrid artificial intelligence system for monitoring, forecasting, risk classification, and electric load optimization in smart cities. The proposed architecture integrates four layers: real-time IoT data ingestion, processing of 46 operational features, a hybrid intelligence engine, and an explainable decision interface. The methodology combines rule-based heuristics

derived from ANEEL PRODIST Module 8, XGBoost for multiclass risk classification, bidirectional LSTM networks for zone-level demand forecasting, a genetic algorithm for load redistribution, and reinforcement learning with PPO for dispatch support. The study uses a synthetic operational dataset with 100,000 records, eight urban zones, and a simulated 60-day period, generated from electrical, climatic, and urban parameters consistent with the Brazilian context. Results show 96.91% accuracy and 0.9690 weighted F1-score for XGBoost, while the LSTM model achieved an average MAE of 2.161 MW and an average MAPE of 18.62%. The decision engine reached an average response time below 15 ms per cycle and an estimated reduction of up to 18% in peak-hour consumption. The results suggest that the hybrid approach is promising for educational applications, smart grid prototyping, and urban energy operation support.

1 Introdução

O crescimento das cidades, a digitalização da infraestrutura urbana e a transição energética têm ampliado a complexidade da operação dos sistemas elétricos de distribuição. Em cidades inteligentes, a rede elétrica deixa de ser apenas um sistema físico de entrega de energia e passa a constituir uma infraestrutura ciberfísica, caracterizada por sensores, comunicação em tempo real, bancos de dados temporais, algoritmos de previsão e mecanismos automáticos de decisão. No contexto brasileiro, essa transformação ocorre em paralelo a desafios estruturais: elevada concentração de carga em horários de ponta, variações climáticas relevantes, inserção de geração fotovoltaica distribuída, necessidade de observância dos limites de qualidade de energia e pressão por maior eficiência operacional. A operação tradicional de redes urbanas, baseada em medições agregadas e ações predominantemente reativas, torna-se insuficiente diante da variabilidade de cargas modernas, como veículos elétricos, equipamentos eletrônicos não lineares, sistemas de climatização e fontes renováveis intermitentes. A literatura de redes inteligentes destaca que a coordenação entre medição avançada, comunicação, automação e técnicas de inteligência computacional é essencial para melhorar confiabilidade, eficiência e resposta a eventos críticos [5,4]. Nesse cenário, modelos de aprendizado de máquina podem identificar padrões complexos de consumo, antecipar condições de risco e apoiar ações de controle.

Este artigo apresenta o CityGrid Brain, sistema híbrido de inteligência artificial aplicado à otimização do consumo elétrico em uma cidade brasileira de médio porte, com aproximadamente 400 mil habitantes. O projeto foi desenvolvido como Projeto de Trabalho Integrado do curso Técnico em Inteligência Artificial da FECAP. A proposta contempla o monitoramento de oito zonas urbanas com perfis distintos — residencial, comercial, industrial, misto, hospitalar, educacional, logístico e residencial popular — e combina modelos supervisionados, redes neurais recorrentes, heurísticas normativas, algoritmo genético e aprendizado por reforço. O objetivo geral é propor e avaliar uma arquitetura integrada para classificação de risco, previsão de demanda e tomada de decisão operacional em redes elétricas urbanas simuladas. Como objetivos específicos, busca-se: construir um dataset sintético operacional coerente com grandezas elétricas brasileiras; definir um mecanismo multivariado de pontuação de risco; treinar e avaliar um classificador XGBoost para níveis de risco; treinar modelos LSTM para previsão de consumo por zona; e estruturar um motor de decisão híbrido capaz de priorizar respostas emergenciais, otimização e despacho inteligente. A principal contribuição do trabalho é orisk scoringmultivariado com correlações causais explícitas entre carga, tensão, frequência, fator de potência, distorção harmônica, temperatura, eventos urbanos, anomalias e perfil de zona. Diferentemente de classificações baseadas apenas em faixas de carga, o sistema avalia risco operacional como fenômeno composto, aproximando-se de uma lógica de operação urbana real. O artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta o referencial teórico; a Seção 3 descreve a metodologia; a Seção 4 discute os resultados experimentais; e a Seção 5 apresenta conclusões, limitações e trabalhos futuros.

2 Referencial teórico

2.1 Cidades inteligentes e redes elétricas inteligentes

Cidades inteligentes são ambientes urbanos que utilizam tecnologias digitais para melhorar serviços públicos, sustentabilidade, mobilidade, segurança, governança e eficiência energética. No domínio elétrico, a materialização desse conceito ocorre por meio das redes elétricas inteligentes, ou smart grids, que incorporam sensores, medidores inteligentes, comunicação bidirecional, automação de distribuição e sistemas analíticos. Farhangi [4] descreve a rede inteligente como evolução necessária para lidar com geração distribuída, resposta da demanda, armazenamento e participação ativa dos consumidores. Gungor et al. [5] destacam que smart grids dependem de tecnologias de comunicação confiáveis, interoperabilidade e capacidade de processamento distribuído. Em centros urbanos, essas tecnologias permitem detectar sobrecargas, perdas, falhas, desvios de qualidade e oportunidades de deslocamento de demanda. A integração com plataformas de Internet das Coisas (IoT) amplia a granularidade das medições, mas também exige arquiteturas de dados em tempo real, como filas de mensagens, processamento por fluxo e bancos de séries temporais.

2.2 Aprendizado de máquina em sistemas de energia

O uso de aprendizado de máquina em sistemas de energia tornou-se relevante em tarefas como previsão de carga, detecção de anomalias, estimação de perdas, despacho econômico, resposta da demanda e manutenção preditiva. Mosavi, Salimi e Ardabili [12] revisam métodos modernos de previsão de consumo e indicam que modelos baseados em redes neurais, árvores de decisão e métodos híbridos apresentam ganhos importantes quando há dados de alta resolução. Mocanu et al. [11] discutem o uso de aprendizado profundo em smart grids, ressaltando sua capacidade de representar dependências temporais e não linearidades. Em aplicações operacionais, a escolha do modelo deve considerar não apenas métricas preditivas, mas também interpretabilidade, latência, robustez e custo computacional. Sistemas de energia exigem decisões seguras, auditáveis e compatíveis com normas técnicas. Por esse motivo, abordagens híbridas, que combinam regras determinísticas com modelos estatísticos, tendem a ser mais adequadas do que soluções puramente orientadas por dados em ambientes críticos.

2.3 LSTM para previsão de séries temporais de consumo

Redes LSTM (Long Short-Term Memory) foram propostas por Hochreiter e Schmidhuber [6] para lidar com dependências temporais longas e mitigar o problema do desaparecimento do gradiente em redes recorrentes. A previsão de carga elétrica apresenta padrões temporais diários, semanais e sazonais, além de variações associadas a clima, comportamento urbano e eventos excepcionais. Por isso, LSTM tornou-se uma alternativa recorrente para previsão de demanda em curto prazo. Kong et al. [8] aplicaram LSTM para previsão de carga residencial de curto prazo, demonstrando capacidade de capturar variações temporais em dados de medidores inteligentes. Marino, Amarasinghe e Manic [10] também empregaram redes LSTM para previsão de consumo energético em edifícios, indicando desempenho competitivo em cenários com padrões não lineares. No CityGrid Brain, a LSTM é utilizada para prever consumo por zona com janela de 24 ciclos e horizonte de seis passos, equivalente a 30 minutos.

2.4 XGBoost para classificação de risco

O XGBoost, proposto por Chen e Guestrin [3], é um método degradient boostingbaseado em árvores de decisão, projetado para eficiência computacional, regularização e alta acurácia em dados tabulares. Em sistemas elétricos, dados operacionais frequentemente assumem forma tabular, combinando medições físicas, atributos temporais, indicadores climáticos e flags de eventos. Essa característica torna modelos baseados em árvores particularmente adequados, pois capturam interações não lineares e permitem análise de importância de atributos. Neste trabalho, o XGBoost classifica o risco operacional em quatro classes: BAIXO, MÉDIO, ALTO e CRÍTICO. O modelo recebe variáveis de carga, qualidade de energia, clima, anomalias, baterias, renováveis e características temporais. Sua função no motor híbrido é fornecer uma avaliação probabilística do estado da rede, complementando regras heurísticas utilizadas para situações emergenciais.

2.5 Algoritmos evolutivos e otimização de carga

Algoritmos genéticos são métodos evolutivos inspirados em seleção natural, recombinação e mutação. Holland [7] consolidou os fundamentos desses algoritmos, que se tornaram úteis em problemas de otimização combinatória. Em sistemas de energia, são empregados em despacho, alocação de recursos, escalonamento de cargas e resposta da demanda. Logenthiran, Srinivasan e Shun [9] demonstram o uso de otimização para gerenciamento de demanda em smart grids, enquanto trabalhos de escalonamento residencial indicam que abordagens evolutivas podem reduzir custo e picos de consumo. No CityGrid Brain, o algoritmo genético busca redistribuir carga entre zonas respeitando restrições de capacidade, criticidade e qualidade elétrica. O procedimento utiliza população de 30 indivíduos e 50 gerações, funcionando como camada de otimização intermediária antes de ações de despacho mais complexas.

2.6 Qualidade de energia e PRODIST

A qualidade de energia elétrica envolve conformidade de tensão, frequência, distorção harmônica, desequilíbrio, interrupções e variações de curta duração. No Brasil, o Módulo 8 dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST), regulado pela ANEEL, define parâmetros de qualidade do produto e do serviço [1]. A norma é especialmente relevante para sistemas urbanos, pois desvios de tensão, frequência, fator de potência e harmônicos podem afetar equipamentos, perdas técnicas, estabilidade e continuidade do fornecimento. O dataset do CityGrid Brain incorpora grandezas compatíveis com a realidade brasileira: frequência nominal de 60 Hz, tensão trifásica em baixa tensão 127/220 V, média tensão de 13,8 kV, distorção harmônica total de tensão, fator de potência e desequilíbrio de fases. A utilização dessas variáveis permite que o risco operacional seja avaliado de modo mais abrangente do que por simples ocupação de carga.

3 Metodologia

3.1 Arquitetura geral do sistema

O CityGrid Brain foi concebido em quatro camadas integradas. A Camada 1, de ingestão de dados, contém um simulador IoT em Python, transmissão MQTT, fila Apache Kafka, processamento Apache Spark Streaming, InfluxDB para séries temporais e PostgreSQL para histórico de longo prazo. Essa camada representa a infraestrutura de coleta e persistência necessária em uma smart city. A Camada 2 realiza processamento e engenharia de atributos. Cada leitura contém 46 features, incluindo consumo em MW, percentual de carga, frequência, tensão, THD, fator de potência, desequilíbrio de fases, geração solar, geração eólica, estado de carga de baterias, demanda de veículos elétricos, temperatura, irradiância, umidade, vento, atributos temporais codificados por seno e cosseno e flags de eventos ou anomalias. A Camada 3 é o motor de inteligência híbrido. Ela combina heurísticas normativas para emergência, XGBoost para classificação de risco, LSTM para previsão de consumo, algoritmo genético para redistribuição de carga e aprendizado por reforço PPO para política de despacho. A Camada 4 oferece backend FastAPI, WebSocket, dashboard HTML/CSS/JavaScript e log de decisões com explicabilidade em linguagem natural.

3.2 Dataset sintético operacional

O estudo utiliza um dataset sintético operacional gerado por simulador IoT baseado em princípios físicos. A base contém 100.000 linhas e 46 colunas, correspondentes a 60 dias simulados com avanço de cinco minutos por ciclo. Foram consideradas oito zonas urbanas: zona norte, zona sul, zona leste, zona oeste, zona centro, zona hospitalar, zona universitária e zona aeroporto/logística. A capacidade de carga por zona varia entre 10 MW e 60 MW. A adoção de dados sintéticos é justificada por três fatores. Primeiro, dados reais de distribuição elétrica possuem restrições de confidencialidade, segurança operacional e privacidade. Segundo, a simulação permite controlar eventos raros, como microfaltas, sobrecargas, distorções harmônicas e anomalias de medição. Terceiro, a literatura de smart grids frequentemente utiliza simulações ou ambientes controlados para validar arquiteturas antes de implantação real, especialmente quando se avaliam algoritmos de decisão automática. A distribuição

de classes após balanceamento foi aproximadamente: BAIXO 45%, MÉ- DIO 30%, ALTO 15% e CRÍTICO 10%. Os eventos urbanos simulados incluem onda de calor, frente fria, feriado, fim de semana, jogo de futebol, show, Black Friday, chuva forte e manutenção programada. As anomalias simuladas incluem furto de energia, sobrecarga de transformador, falha de medição, desequilíbrio de fases, distorção harmônica e microfalta.

3.3 Risk scoring multivariado

A inovação central do trabalho é um mecanismo de pontuação de risco composto por múltiplos fatores. O risco não é definido apenas pelo percentual de carga, mas por uma função multivariada que incorpora condições elétricas, climáticas, operacionais e contextuais. A formulação geral é apresentada na Equação1.

$$S = f(C, F, H, P, D, A, B, T, E, Z). \tag{1}$$

em queSé o escore total de risco;Cé o percentual de carga;Fé o desvio de frequência em relação a 60 Hz;Hrepresenta THD de tensão;Pé o fator de potência;Dé o desequilíbrio de tensão;Aindica anomalia ativa;Brepresenta o estado de carga da bateria;Té a temperatura; Erepresenta evento urbano; eZé o perfil de zona. A pontuação máxima possível é aproximadamente 135 pontos. Os limiares definidos foram: CRÍTICO paraS$\geq$55, ALTO para 30$\leq$S<55, MÉDIO para 12$\leq$S<30 e BAIXO paraS<12. Essa configuração torna a classe crítica sensível a combinações de fatores, por exemplo carga elevada associada a anomalia, baixo fator de potência e THD elevado.

3.4 Correlações causais implementadas

O simulador incorpora relações causais simplificadas para aproximar o comportamento físico da rede. O aumento de carga provoca queda de tensão de até 6% na carga máxima. A carga acima de 50% produz desvio negativo de frequência de 0,012 Hz por ponto percentual adicional. Horários de pico elevam a THD devido à presença de inversores e cargas não lineares. Cargas superiores a 85% deterioram o fator de potência. Essas relações não substituem estudos de fluxo de potência, mas tornam o dataset mais realista do que uma amostragem puramente aleatória.

3.5 Arquitetura dos modelos

O classificador XGBoost foi treinado com 300 estimadores, profundidade máxima 6, taxa de aprendizado 0,05,subsample0,8 ecolsample_bytree0,8. A tarefa é multiclasse, com quatro rótulos de risco. As métricas avaliadas foram acurácia, precisão, revocação e F1 por classe, além de F1 ponderado. Para previsão de consumo, foi utilizada uma arquitetura LSTM bidirecional com duas camadas, tamanho oculto 64 edropout0,2. A janela de entrada contém 24 ciclos de cinco minutos, totalizando duas horas de histórico, e o horizonte de previsão é de seis passos, equivalentes a 30 minutos. O treinamento utilizou otimizador Adam, taxa de aprendizado 0,001, weight decay10 -5 e parada antecipada com paciência de 15 épocas.

3.6 Motor de decisão híbrido

A tomada de decisão segue uma ordem de prioridade. Primeiro, regras heurísticas verificam violações imediatas de qualidade de energia, anomalias críticas e condições incompatíveis com operação segura. Segundo, o XGBoost classifica o risco operacional. Terceiro, a LSTM antecipa demanda futura por zona, permitindo ação proativa. Quarto, o algoritmo genético propõe redistribuição de carga respeitando restrições. Por fim, o agente PPO pode sugerir política de despacho considerando recompensas associadas a redução de pico, estabilidade e penalidades por violação. Essa ordem evita que modelos estatísticos substituam regras críticas de segurança. Em outras palavras, a inteligência artificial atua como apoio e otimização, enquanto heurísticas normativas preservam limites operacionais essenciais.

3.7 Protocolo experimental

Os experimentos foram conduzidos sobre o dataset sintético operacional. O XGBoost foi avaliado por métricas de classificação multiclasse. A LSTM foi treinada separadamente por zona e avaliada por erro absoluto médio (MAE) e erro percentual absoluto médio (MAPE). O motor de decisão foi avaliado por tempo de resposta médio, cobertura de zonas, número estimado de decisões por hora e economia estimada em horário de pico. Não foram adicionados dados externos aos resultados, preservando-se apenas os valores fornecidos pelo experimento do projeto.

4 Resultados e discussão

4.1 Resultados do XGBoost

O XGBoost obteve acurácia geral de 96,91% e F1 ponderado de 0,9690. A Tabela 1 apresenta os valores de F1 por classe.

Tabela 1: Desempenho do XGBoost por classe de risco

Classe / indicador	Valor
ALTO	0,92
BAIXO	0,98
CRÍTICO	0,86
MÉDIO	0,96
F1 ponderado	0,9690
Acurácia geral	96,91%

Fonte: documento original do projeto; dados e natureza das afirmações mantidos.

O melhor desempenho ocorreu nas classes BAIXO e MÉDIO, o que é coerente com sua maior frequência no dataset. A classe CRÍTICO apresentou F1 de 0,86, inferior às demais, possivelmente por representar menor proporção da base e por depender de combinações específicas de anomalias, qualidade de energia e carga elevada. Apesar disso, o desempenho é adequado para um protótipo, especialmente considerando que a camada heurística atua antes do classificador em situações emergenciais.

4.2 Importância das variáveis

A análise de importância de atributos indicou predominância deanomalia_flag(0,33), pct_carga(0,26),frequencia_-hz(0,06),desequilibrio_tensao_pct(0,05) ethd_tensao_pct(0,05). A Tabela 2 resume esses resultados.

Tabela 2: Principais variáveis do classificador XGBoost

Variável	Importância
anomalia_flag	0,33
pct_carga	0,26
frequencia_hz	0,06
desequilibrio_tensao_pct	0,05
thd_tensao_pct	0,05

Fonte: documento original do projeto; dados e natureza das afirmações mantidos.

A importância elevada da flag de anomalia confirma que eventos operacionais excepcionais são determinantes para o risco. O percentual de carga aparece como segundo fator mais relevante, mas não domina isoladamente a

decisão. Esse resultado sustenta a proposta do scoring multivariado: risco elétrico urbano deve ser compreendido como composição de carga, qualidade de energia, estado de ativos e contexto urbano.

4.3 Resultados do LSTM por zona

O modelo LSTM apresentou MAE médio de 2,161 MW e MAPE médio de 18,62%. A Tabela 3 mostra o desempenho por zona. A zona universitária apresentou o menor MAE absoluto, enquanto a zona oeste apresentou o maior erro absoluto. Essa diferença pode decorrer de maior magnitude de carga, maior variabilidade ou maior influência de eventos urbanos na zona oeste. O MAPE, entretanto, permaneceu relativamente próximo entre zonas, variando de 16,8% a 20,1%, o que sugere que parte do aumento de MAE acompanha a escala de consumo.

4.4 Curvas de perda e estabilidade de treinamento

As curvas de perda da LSTM indicam comportamento compatível com aprendizado supervisionado em séries temporais: redução inicial acentuada, seguida por estabilização gradual.

Tabela 3: Desempenho da LSTM por zona urbana

Zona	MAE (MW)	MAPE (%)
zona_universitaria	0,536	19,8
zona_norte	1,143	20,1
zona_leste	1,266	19,6
zona_hospitalar	1,457	16,8
zona_aeroporto	2,176	17,2
zona_centro	2,245	19,8
zona_sul	2,523	18,9
zona_oeste	5,943	16,8
Média informada na fonte	2,161	18,62

Fonte: documento original do projeto; dados e natureza das afirmações mantidos.

O uso dedropout, weight decaye parada antecipada foi adotado para reduzir risco de sobreajuste. Ainda assim, como o dataset é sintético e contém correlações definidas pelo simulador, existe possibilidade de o modelo aprender padrões artificiais com maior facilidade do que ocorreria em dados reais de distribuidoras. A interpretação dos resultados da LSTM deve considerar que o horizonte de 30 minutos é adequado para ações de curto prazo, como suavização de pico, acionamento de baterias e preparação para redistribuição de carga. Para horizontes mais longos, seria necessário incluir variáveis adicionais, validação sazonal e dados meteorológicos reais.

4.5 Desempenho do motor de decisão

O motor de decisão híbrido apresentou tempo médio de resposta inferior a 15 ms por ciclo, cobertura de oito zonas e aproximadamente 576 decisões por hora, considerando 96 ciclos horários e seis tipos de ação. A economia estimada foi de redução de até 18% no consumo em horários de pico. Esse desempenho sugere viabilidade para aplicações de prototipagem em tempo real. O baixo tempo de resposta decorre da separação de responsabilidades: regras heurísticas realizam filtragem rápida, XGBoost executa classificação eficiente em dados tabulares, LSTM opera previsão por zona e o algoritmo genético é aplicado quando há necessidade de redistribuição. Em implantação real, entretanto, a latência total dependeria de comunicação, persistência, integração com SCADA, segurança cibernética e validações de operadores.

4.6 Limitações

A principal limitação do estudo é o uso de dataset sintético. Embora a simulação incorpore parâmetros elétricos e climáticos compatíveis com o contexto brasileiro, dados reais podem apresentar ruídos, lacunas, erros de medição, mudanças de topologia, comportamentos de consumidores e restrições operacionais não modeladas. Outra limitação é a possibilidade de sobreajuste da LSTM a padrões gerados artificialmente. Além disso, o PPO foi incluído como componente arquitetural do motor, mas sua avaliação quantitativa detalhada depende de ambiente de simulação com função de recompensa e dinâmica de rede mais completas. Também se reconhece que o scoring utiliza limiares definidos no projeto, e não calibrados com séries históricas de distribuidoras. Para uso operacional, seria necessário validar esses thresholds com especialistas, estudos de fluxo de potência, registros de ocorrência e padrões regulatórios.

4.7 Comparativo com a literatura

Em relação à literatura, o CityGrid Brain aproxima-se de trabalhos que utilizam LSTM para previsão de carga de curto prazo [8,10], XGBoost para modelagem tabular eficiente [3] e algoritmos evolutivos para otimização de demanda [9]. A diferença central está na integração dessas técnicas em um motor de decisão híbrido, orientado por variáveis de qualidade de energia e adaptado ao contexto regulatório brasileiro. Enquanto muitos estudos tratam previsão, classificação ou otimização como problemas isolados, o sistema proposto organiza essas tarefas em cadeia operacional. A classificação de risco multivariada atua como elo entre monitoramento e decisão, permitindo que carga, anomalias, eventos urbanos e qualidade de energia sejam avaliados conjuntamente. Essa integração constitui contribuição aplicada relevante para projetos educacionais e protótipos de smart cities.

5 Discussão ampliada sobre implantação e aplicabilidade

A aplicação do CityGrid Brain em um ambiente urbano real exigiria a transição gradual entre três níveis de maturidade: simulação, operação assistida e automação parcial. Na fase de simulação, o sistema funciona como laboratório computacional para testar hipóteses, validar integrações e compreender o comportamento dos modelos. Na fase de operação assistida, dados reais de medidores, sensores de qualidade de energia e sistemas corporativos alimentariam o motor analítico, mas as recomendações seriam avaliadas por operadores humanos. Na fase de automação parcial, apenas ações de baixo risco e previamente autorizadas seriam executadas automaticamente, preservando supervisão humana para intervenções críticas. Essa estratégia incremental é importante porque sistemas elétricos possuem requisitos de segurança, continuidade e responsabilidade técnica. Uma recomendação de redução de carga, redistribuição ou despacho de bateria pode produzir efeitos econômicos e sociais distintos conforme a zona urbana afetada. A zona hospitalar, por exemplo, deve receber tratamento prioritário e conservador; a zona comercial pode tolerar ações de resposta da demanda em períodos definidos; a zona residencial popular exige atenção a impactos sociais; e a zona logística pode oferecer flexibilidade em horários de menor atividade. Portanto, a tomada de decisão não deve considerar apenas eficiência energética, mas também criticidade, equidade, confiabilidade e transparência. Do ponto de vista de engenharia de dados, o projeto demonstra a importância de uma arquitetura orientada a fluxo. Leituras a cada cinco minutos, distribuídas por oito zonas e 46 atributos, produzem volume suficiente para justificar bancos de séries temporais, filas de mensagens e processamento contínuo. Embora o dataset usado neste trabalho possua 100.000 registros, uma cidade real geraria dados por anos, com múltiplos medidores por alimentador, transformador ou unidade consumidora. A escalabilidade, nesse caso, dependeria de particionamento por zona, retenção de dados, compressão, políticas de agregação e mecanismos de governança. A integração entre InfluxDB e PostgreSQL também possui justificativa arquitetural. Séries temporais recentes, consultadas com alta frequência pelo dashboard e pelo motor de decisão, podem ser armazenadas em banco otimizado para tempo. Já históricos consolidados, relatórios, auditorias e metadados de zonas podem permanecer em banco relacional. Essa separação evita sobrecarregar um único repositório e permite consultas adequadas a cada finalidade. Em implantação real, Redis poderia atuar como cache de estado operacional, reduzindo latência de leitura para decisões recorrentes. Outro ponto relevante é a explicabilidade. Em aplicações de inteligência artificial, especialmente em infraestrutura crítica, não basta que o modelo produza uma classe ou valor previsto. É necessário explicar a recomendação em linguagem

compreensível para técnicos, gestores e partes interessadas. O CityGrid Brain registra justificativas em linguagem natural com base nas variáveis dominantes de cada decisão. Esse mecanismo não substitui métodos formais de XAI, como SHAP ou LIME, mas oferece uma camada inicial de rastreabilidade compatível com o escopo do protótipo. Em trabalhos futuros, explicações locais poderiam indicar contribuição de cada atributo para uma classificação específica. A governança dos limiares de risco também merece atenção. Os thresholds de 12, 30 e 55 pontos foram definidos para o experimento e mostraram-se adequados ao balanceamento obtido. Entretanto, em uma distribuidora real, esses valores deveriam ser calibrados com históricos de ocorrências, indicadores regulatórios, limites de equipamentos, planejamento de manutenção e tolerância operacional. Um mesmo score pode ter implicações diferentes conforme a topologia, redundância de alimentação, capacidade de manobra e tipo de consumidor atendido. Assim, recomenda-se que o scoring seja parametrizável e auditável. A contribuição pedagógica do projeto é significativa. Para estudantes de inteligência artificial aplicada, o CityGrid Brain reúne problemas típicos de sistemas reais: ingestão de dados, engenharia de features, classificação, previsão, otimização, visualização, explicabilidade e integração por API. Em vez de treinar modelos isolados sobre datasets estáticos, o projeto força a compreensão do ciclo completo de uma solução de IA. Essa abordagem é especialmente valiosa em cursos técnicos, pois conecta programação, estatística, infraestrutura e domínio de aplicação.

Quanto à validade externa dos resultados, deve-se reconhecer que métricas obtidas em dataset sintético não garantem desempenho em ambiente real. Porém, isso não invalida o estudo. Em engenharia, protótipos simulados são etapas necessárias para avaliar viabilidade, identificar requisitos e reduzir risco antes de integração com sistemas críticos. A contribuição está em propor uma arquitetura coerente, com variáveis fisicamente plausíveis e resultados experimentais transparentes. O próximo passo científico seria executar validação cruzada temporal com dados reais ou semi-reais, preservando ordem cronológica e evitando vazamento de informação. A questão do possível sobreajuste da LSTM também deve ser tratada com rigor. Redes recorrentes podem memorizar padrões periódicos do simulador, especialmente quando eventos e sazonalidade seguem regras determinísticas. Para mitigar esse risco, futuras versões podem incluir ruído estocástico mais realista, mudanças de regime, eventos inéditos no teste, validação fora da distribuição e comparação com modelos de base, como persistência, ARIMA, regressão regularizada, Random Forest e Gradient Boosting. Somente com esses comparativos será possível quantificar o ganho real da LSTM em relação a abordagens mais simples. No caso do XGBoost, o alto desempenho deve ser interpretado à luz do processo de rotulagem. Como as classes derivam de um scoring estruturado, o modelo aprende uma aproximação dessa lógica. Isso é útil para operação rápida e generalização dentro do universo simulado, mas ainda não equivale a prever falhas reais observadas. Em uma etapa posterior, o rótulo poderia ser definido por ocorrências reais, como chamadas de emergência, violações registradas, interrupções, alarmes de equipamentos ou perdas não técnicas identificadas. O scoring, nesse cenário, poderia atuar como variável explicativa adicional ou como sistema especialista complementar. A economia estimada de até 18% em horários de pico deve ser entendida como potencial de redução sob as hipóteses do simulador. Não se trata de garantia universal, pois economias reais dependem de elasticidade da demanda, participação de consumidores, capacidade de armazenamento, contratos, tarifas e limites técnicos. Ainda assim, o resultado indica que a coordenação entre previsão, classificação e otimização pode produzir ganhos relevantes quando há cargas flexíveis e ações tempestivas. A principal mensagem é que a inteligência computacional deve atuar antes da ocorrência do pico, e não apenas reagir após a violação. A interoperabilidade é outro requisito para evolução do sistema. Em cidades inteligentes, dados de energia podem dialogar com mobilidade, clima, saúde, segurança e planejamento urbano. Eventos de transporte, por exemplo, podem alterar demanda em zonas logísticas; ondas de calor impactam climatização e saúde pública; grandes eventos aumentam carga em áreas comerciais; e falhas elétricas podem afetar semáforos, hospitais e comunicação. Assim, a arquitetura poderia ser expandida para consumir dados urbanos externos e produzir decisões energéticas mais contextualizadas. Por fim, a segurança cibernética deve ser considerada desde o projeto. Sistemas com MQTT, Kafka, APIs, WebSocket e dashboards expostos precisam de autenticação, autorização, criptografia, segmentação de rede, registro de auditoria e proteção contra comandos indevidos.

Uma decisão energética baseada em dados adulterados pode levar a recomendações inadequadas. Portanto, futuras implementações devem incorporar validação de dados, detecção de anomalias cibernéticas, controle

de acesso por perfil e políticas de resposta a incidentes. A robustez do modelo estatístico deve caminhar junto com a robustez da infraestrutura digital. Em síntese, o CityGrid Brain deve ser interpretado como um protótipo integrado e contextualizado, não como solução pronta para implantação direta em distribuidoras. Seu valor está em demonstrar que técnicas de inteligência artificial podem ser combinadas de forma organizada, respeitando prioridades operacionais, variáveis de qualidade de energia e necessidade de explicabilidade. A abordagem híbrida reduz a dependência de um único paradigma computacional e cria base para pesquisas futuras com dados reais, simulação elétrica detalhada e validação em ambiente operacional controlado. A avaliação de implantação também deve considerar indicadores de qualidade de serviço e qualidade do produto. Embora o protótipo utilize variáveis como tensão, frequência, THD, fator de potência e desequilíbrio, uma distribuidora real acompanharia também duração e frequência de interrupções, reclamações de consumidores, carregamento de transformadores, perdas técnicas e perdas não técnicas. A incorporação desses indicadores permitiria transformar o CityGrid Brain em uma plataforma de apoio mais abrangente, capaz de relacionar risco instantâneo com indicadores regulatórios e planejamento de manutenção. Outro desdobramento importante é a integração com resposta da demanda. Em vez de tratar todos os consumidores como cargas passivas, o sistema poderia identificar cargas flexíveis, como climatização de edifícios públicos, carregamento de veículos elétricos, bombeamento, iluminação ornamental e processos industriais ajustáveis. A partir da previsão de pico e da classificação de risco, o motor poderia emitir sinais de deslocamento ou redução temporária. Essa estratégia reduziria a necessidade de reforços imediatos na rede e aumentaria o aproveitamento de recursos distribuídos. A presença de geração renovável distribuída também altera a lógica de decisão. A geração solar fotovoltaica pode reduzir carga líquida durante o dia, mas criar rampas no fim da tarde. A geração eólica, por sua vez, depende de condições locais de vento e pode apresentar variabilidade. Baterias tornam-se elementos de amortecimento, desde que seu estado de carga seja administrado de modo estratégico. Por isso, a feature de SoC não é apenas um atributo descritivo: ela indica margem de manobra para responder a riscos futuros. Um sistema inteligente deve evitar descarregar baterias em eventos de baixa severidade quando há previsão de condição crítica adiante. No contexto brasileiro, a diversidade climática e urbana exige cuidado na generalização. Uma cidade de médio porte no Sudeste pode apresentar perfil de consumo distinto de uma cidade do Nordeste, da região Norte ou do Sul. Diferenças de temperatura, renda, atividade econômica, penetração de ar-condicionado, geração distribuída e densidade urbana afetam a curva de carga. Assim, a metodologia proposta deve ser entendida como transferível em arquitetura, mas não necessariamente em parâmetros. Os modelos e limiares precisam ser reestimados para cada localidade, ou adaptados por técnicas de transferência de aprendizado e calibração regional. A modelagem de anomalias também pode ser aprofundada. Furto de energia, falha de medição, sobrecarga de transformador, desequilíbrio de fases e microfaltas possuem assinaturas diferentes. Algumas anomalias produzem alterações abruptas; outras aparecem como desvios graduais; outras exigem comparação entre medições agregadas e individuais. Em versões futuras, o sistema poderia separar classificação de risco operacional de diagnóstico de anomalia, treinando modelos específicos para identificar a causa provável. Essa separação aumentaria a utilidade prática das recomendações, pois uma mesma classe de risco pode demandar ações distintas conforme sua origem. O desenho do dashboard também é parte da contribuição aplicada. Uma interface para operação energética não deve exibir apenas gráficos decorativos, mas priorizar informação acionável. Indicadores por zona, ranking de risco, tendência prevista, alertas normativos, disponibilidade de bateria e justificativas de decisão são elementos essenciais. A visualização deve permitir que o operador compreenda rapidamente onde está o problema, qual variável contribuiu para o risco, qual ação é sugerida e qual consequência esperada. Esse cuidado reduz fadiga de alarmes e melhora confiança no sistema. Por fim, a metodologia reforça que inteligência artificial em sistemas de energia deve ser desenvolvida com responsabilidade. Modelos podem errar, dados podem falhar e condições reais podem fugir do domínio de treinamento. Por isso, o CityGrid Brain adota redundância conceitual: regras para segurança imediata, XGBoost para classificação, LSTM para antecipação, algoritmo genético para otimização e PPO para aprendizado sequencial. Essa redundância não elimina risco, mas cria barreiras sucessivas contra decisões frágeis. Em infraestrutura crítica, a robustez do conjunto é mais importante do que a sofisticação isolada de um modelo. A adoção de dados sintéticos também abre possibilidade de análise de sensibilidade. Ao variar intensidade de eventos climáticos, penetração de veículos elétricos, capacidade de baterias ou limiares de anomalia, pode-se observar como o motor responde a cenários de estresse. Esse procedimento é útil para planejamento, pois permite testar condições extremas sem expor a rede real a risco. Em particular, cenários

de onda de calor combinados com baixa disponibilidade de armazenamento e alta demanda residencial podem revelar pontos de fragilidade que não aparecem em dias típicos. Outra evolução metodológica consiste em introduzir validação temporal mais rígida. Como séries de energia possuem dependência cronológica, divisões aleatórias entre treino e teste podem superestimar desempenho. A validação ideal separaria os primeiros dias para treinamento, dias subsequentes para validação e período final para teste, preservando a ordem dos eventos. Essa prática reduziria vazamento temporal e aproximaria o experimento do uso real, no qual o modelo sempre prevê o futuro a partir do passado. Também é recomendável estabelecer modelos de referência. Para previsão, um baseline de persistência, no qual o próximo valor é igual ao último observado, fornece ponto mínimo de comparação. Para classificação, regras simples baseadas apenas em percentual de carga ou anomalia permitiriam quantificar o ganho do XGBoost e do scoring multivariado. Sem esses baselines, os resultados absolutos são informativos, mas a superioridade relativa da solução híbrida fica menos evidente. Assim, futuras publicações podem ampliar a análise experimental incluindo ablações e comparações controladas. Essas extensões não alteram os resultados apresentados, mas delimitam um caminho de amadurecimento científico. O presente artigo estabelece a arquitetura, formaliza o scoring, organiza os componentes de inteligência e demonstra viabilidade inicial. As próximas etapas devem transformar o protótipo em plataforma experimental mais robusta, com métricas adicionais, validação externa e maior aderência aos processos reais de operação de distribuição. Como síntese operacional, a proposta evidencia que eficiência energética urbana depende de coordenação entre dados, modelos e processos. Sensores isolados não produzem inteligência; modelos isolados não garantem decisão segura; e decisões sem registro não geram aprendizado institucional. O CityGrid Brain articula essas dimensões em um fluxo único, mensurável e extensível.

6 Conclusão

Este artigo apresentou o CityGrid Brain, um sistema híbrido de inteligência artificial para otimização de consumo elétrico em cidades inteligentes. A arquitetura proposta integra ingestão de dados IoT, processamento de atributos operacionais, classificação de risco com XG- Boost, previsão de demanda com LSTM, otimização por algoritmo genético, apoio por aprendizado por reforço e interface com explicabilidade. Os resultados experimentais demonstraram desempenho expressivo do XGBoost, com acurácia de 96,91% e F1 ponderado de 0,9690. A LSTM apresentou MAE médio de 2,161 MW e MAPE médio de 18,62%, indicando capacidade de previsão de curto prazo por zona. O motor de decisão alcançou resposta média inferior a 15 ms por ciclo e economia estimada de até 18% em horários de pico. A principal contribuição é orisk scoringmultivariado com correlações causais, que supera classificações simplificadas baseadas apenas em carga. O sistema também contribui ao demonstrar uma arquitetura de quatro camadas aplicável ao contexto brasileiro, alinhada a grandezas elétricas e parâmetros de qualidade de energia do PRODIST. Como trabalhos futuros, recomenda-se validar o sistema com dados reais de distribuidoras, realizar ajuste fino com séries históricas do ONS, integrar o protótipo a ambientes SCADA, ampliar o treinamento do agente PPO, calibrar thresholds com especialistas e incorporar modelos de fluxo de potência. Também é recomendável avaliar segurança cibernética, resiliência a falhas de comunicação e governança de dados, aspectos indispensáveis para implantação em cidades inteligentes reais.

Referências

[1]AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA.Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST: Módulo 8 – Qualidade do fornecimento de energia elétrica. Brasília: ANEEL, 2022.

[2]ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

[3]CHEN, T.; GUESTRIN, C. XGBoost: a scalable tree boosting system. In:Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. New York: ACM, 2016. p. 785–794.

[4]FARHANGI, H. The path of the smart grid.IEEE Power and Energy Magazine, v. 8, n. 1, p. 18–28, 2010.

[5]GUNGOR, V. C. et al. Smart grid technologies: communication technologies and standards.IEEE Transactions on Industrial Informatics, v. 7, n. 4, p. 529–539, 2011.

[6]HOCHREITER, S.; SCHMIDHUBER, J. Long short-term memory. Neural Computation, v. 9, n. 8, p. 1735–1780, 1997.

[7]HOLLAND, J. H.Adaptation in natural and artificial systems. 2. ed. Cambridge: MIT Press, 1992.

[8]KONG, W. et al. Short-term residential load forecasting based on LSTM recurrent neural network.IEEE Transactions on Smart Grid, v. 10, n. 1, p. 841–851, 2019.

[9]LOGENTHIRAN, T.; SRINIVASAN, D.; SHUN, T. Z. Demand side management in smart grid using heuristic optimization.IEEE Transactions on Smart Grid, v. 3, n. 3, p. 1244– 1252, 2012.

[10]MARINO, D. L.; AMARASINGHE, K.; MANIC, M. Building energy load forecasting using deep neural networks. In:42nd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society. Piscataway: IEEE, 2016. p. 7046–7051.

[11]MOCANU, E. et al. Deep learning for estimating building energy consumption.Sustainable Energy, Grids and Networks, v. 6, p. 91–99, 2016.

[12]MOSAVI, A.; SALIMI, M.; ARDABILI, S. F. State of the art of machine learning models in energy systems, a systematic review.Energies, v. 12, n. 7, p. 1301, 2019.

[13]OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO.Curvas de carga e dados de operação do Sistema Interligado Nacional. Rio de Janeiro: ONS, 2024.

[14]INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA.Normais climatológicas do Brasil 1991–2020. Brasília: INMET, 2022.

[15]MNIH, V. et al. Asynchronous methods for deep reinforcement learning. In:International Conference on Machine Learning. New York: PMLR, 2016. p. 1928–1937.

[16]SCHULMAN, J. et al. Proximal policy optimization algorithms.arXiv preprint ar- Xiv:1707.06347, 2017.

[17]ALBINO, V.; BERARDI, U.; DANGELICO, R. M. Smart cities: definitions, dimensions, performance, and initiatives.Journal of Urban Technology, v. 22, n. 1, p. 3–21, 2015.

[18]CARAGLIU, A.; DEL BO, C.; NIJKAMP, P. Smart cities in Europe.Journal of Urban Technology, v. 18, n. 2, p. 65–82, 2011.

R02

ARTIGO / PROJETO

RESILIÊNCIA, CLIMA E ENERGIA

Otimização Energética em Smart Cities: uma Abordagem Integrada para Redes Elétricas Inteligentes

João Gabriel Freire Faxina, Arthur Tuccio e Caroline Kaori Hirano Nishimori

DESTAQUE EDITORIAL

A simulação articula seis agentes computacionais para atuar sobre picos de consumo, geração distribuída, falhas, iluminação, transformadores e grandes edifícios.

DESCRITORES

energia; smart grid; agentes; eficiência; simulação

Identificação nesta versão: João Gabriel Freire Faxina, Arthur Tuccio e Caroline Kaori Hirano Nishimori. *Otimização Energética em Smart Cities: uma Abordagem Integrada para Redes Elétricas Inteligentes*. In: *Conexões Colégio FECAP: Smart City*. Versão para avaliação institucional, 2026, p. 26–33.

Síntese de leitura elaborada pela edição a partir do documento disponível. Funcionalidades descritas não são, por si, evidência de implementação ou desempenho validado. A autoria segue a relação fornecida; conferências e divergências constam do controle separado.

TRABALHO DISCENTE

Otimização Energética em Smart Cities: uma Abordagem Integrada para Redes Elétricas Inteligentes

João Gabriel Freire Faxina, Arthur Tuccio e Caroline Kaori Hirano Nishimori

Curso técnico de Inteligência Artificial, Colégio FECAP, São Paulo, Brasil

Nota editorial sobre a natureza do trabalho. Proposta de simulação integrada de rede elétrica; indicadores de avaliação são planejados, não medições de rede real. As afirmações científicas permanecem sob responsabilidade dos autores; validações e pendências específicas constam do controle separado.

Resumo

O crescimento urbano acelerado amplia a pressão sobre redes elétricas projetadas para fluxos centralizados, previsíveis e pouco interativos. Em cidades contemporâneas, picos de consumo, falhas em transformadores, expansão da geração solar distribuída e desperdício em sistemas públicos, como a iluminação urbana, exigem novas formas de gestão energética. Este artigo propõe uma simulação de Smart Grid aplicada ao contexto de Smart Cities, integrando seis agentes computacionais: gestão do horário de pico, integração de geração distribuída, autorecuperação de falhas, iluminação pública autônoma, manutenção preditiva de transformadores e resposta à demanda em grandes edifícios. A proposta utiliza dados simulados, sensores virtuais, regras heurísticas, algoritmos de previsão e busca em grafos para demonstrar como decisões preditivas e reativas podem reduzir desperdícios e mitigar colapsos de infraestrutura. O objetivo é construir uma experiência científica e demonstrável para a FECART 2026, capaz de tornar visível ao público o funcionamento de uma rede elétrica inteligente e seus impactos na eficiência energética urbana.

Palavras-chave: Smart Grid; Smart City; inteligência artificial; gestão de energia; simulação; eficiência energética.

1 Introdução

O rápido crescimento urbano tem aumentado a demanda por energia elétrica em residências, escolas, hospitais, comércios, sistemas de transporte e serviços públicos. Ao mesmo tempo, a infraestrutura elétrica tradicional foi historicamente planejada para um modelo centralizado, no qual a energia sai de grandes usinas, percorre linhas de transmissão e distribuição, e chega aos consumidores finais. Esse modelo se torna limitado diante de cidades mais conectadas, com consumo variável, geração solar em residências, necessidade de resposta rápida a falhas e maior preocupação com sustentabilidade.

A pressão sobre as redes elétricas aparece em situações comuns do cotidiano urbano. No início da noite, por exemplo, há aumento simultâneo do uso de chuveiros, ar-condicionado, televisores, iluminação e eletrodomésticos. Esse pico de carga pode sobrecarregar transformadores e exigir o acionamento de fontes de energia mais caras e poluentes. Além disso, falhas localizadas, como queda de galhos, acidentes em postes ou danos em cabos, podem deixar bairros inteiros sem energia quando a rede não possui mecanismos automáticos de isolamento e redirecionamento.

Outro problema relevante é o desperdício energético. Sistemas de iluminação pública frequentemente permanecem ligados em potência elevada durante toda a madrugada, mesmo em ruas sem circulação de pedestres ou veículos. Grandes edifícios, como hospitais, escolas e shoppings, também consomem grande quantidade de energia, sobretudo em sistemas de climatização. Embora muitos desses consumos sejam necessários, parte deles poderia ser ajustada de forma inteligente sem prejudicar o conforto ou a segurança dos usuários.

Nesse cenário, as Redes Elétricas Inteligentes, ouSmart Grids, surgem como uma proposta de valor para modernizar a gestão energética urbana. Uma Smart Grid combina sensores, comunicação digital, análise de dados, automação e algoritmos de apoio à decisão para monitorar a rede em tempo real, prever eventos críticos e responder automaticamente a alterações no sistema. Em vez de uma rede passiva, a cidade passa a operar como um sistema energético dinâmico, capaz de aprender padrões, antecipar riscos e distribuir recursos com maior eficiência.

O objeto de estudo deste artigo é uma simulação interativa de Smart Grid voltada à gestão de energia em Smart Cities. A simulação proposta integra seis agentes de inteligência artificial: gestão de pico de consumo, geração distribuída por painéis solares, auto-recuperação de falhas, iluminação pública autônoma, manutenção preditiva de transformadores e resposta à demanda em grandes edifícios. A partir desse modelo, busca-se responder à seguinte pergunta de pesquisa:de que maneira a integração de algoritmos preditivos e reativos em um ambiente simulado de Smart Grid pode reduzir o desperdício de energia pública e mitigar colapsos de infraestrutura?

2 Problema de Pesquisa e Justificativa

A vulnerabilidade energética das cidades não está relacionada apenas à falta de geração elétrica, mas também à forma como a energia é distribuída, consumida, monitorada e priorizada. Uma rede sem inteligência operacional tende a reagir tarde aos problemas: identifica falhas apenas depois do apagão, realiza manutenção depois da quebra, mantém iluminação desnecessária e trata todos os consumidores como se tivessem o mesmo padrão de consumo.

A justificativa deste projeto está na necessidade de demonstrar, de modo acessível e científico, que a eficiência energética depende da integração entre previsão e reação. Algoritmos preditivos ajudam a antecipar picos, estimar geração solar, detectar anomalias e prever falhas em equipamentos. Algoritmos reativos, por sua vez, atuam quando ocorre um evento inesperado, como uma falha em um poste, uma tempestade ou uma sobrecarga repentina. A combinação desses dois tipos de decisão é essencial para que a rede seja resiliente, econômica e sustentável.

A proposta também possui relevância pedagógica. Ao transformar conceitos de energia, inteligência artificial e infraestrutura urbana em uma simulação visual, o projeto permite que visitantes da feira compreendam fenômenos complexos por meio da interação. O público poderá alterar variáveis, provocar falhas, observar respostas automáticas e comparar cenários com e sem inteligência artificial.

3 Objetivos

3.1 Objetivo geral

Desenvolver e analisar uma simulação integrada de Smart Grid para Smart Cities, demonstrando como agentes de inteligência artificial podem otimizar o consumo energético, reduzir desperdícios e aumentar a resiliência da infraestrutura elétrica urbana.

3.2 Objetivos específicos

1.Simular picos de consumo urbano e estratégias de deslocamento de demanda para horários de menor carga.
2.Representar a geração distribuída por painéis solares residenciais e sua interação com baterias e rede principal.
3.Modelar falhas em pontos da rede e aplicar algoritmos de busca em grafos para redirecionamento de energia.

4.Demonstrar iluminação pública adaptativa com base em presença de pedestres e veículos. 5.Simular manutenção preditiva de transformadores usando indicadores de temperatura, vibração e carga. 6.Representar resposta à demanda em grandes edifícios, especialmente por ajustes de climatização e consumo interno. 7.Construir indicadores comparativos de economia, estabilidade e continuidade do fornecimento.

4 Fundamentação Teórica

4.1 Smart Cities e gestão de energia

Uma Smart City pode ser compreendida como uma cidade que utiliza dados, conectividade e sistemas inteligentes para melhorar serviços urbanos e apoiar decisões públicas. No campo da energia, isso envolve monitorar consumo, prever demandas, integrar fontes renováveis e reduzir perdas. A gestão energética é uma dimensão central das cidades inteligentes porque afeta sustentabilidade, economia, mobilidade, conforto térmico, segurança pública e funcionamento de serviços essenciais.

4.2 Smart Grids

Smart Grids são redes elétricas modernizadas que combinam infraestrutura física com tecnologias digitais. Elas utilizam sensores, medidores inteligentes, atuadores, sistemas de comunicação e algoritmos para acompanhar o estado da rede e tomar decisões em menor tempo. Diferentemente da rede tradicional, uma Smart Grid permite fluxo bidirecional de energia e informação, o que é essencial para lidar com painéis solares residenciais, baterias, veículos elétricos e consumidores ativos.

4.3 Inteligência artificial preditiva e reativa

Neste projeto, inteligência artificial é entendida como um conjunto de técnicas computacionais capazes de reconhecer padrões, estimar eventos futuros e tomar decisões com base em dados. Os algoritmos preditivos aparecem na previsão de consumo, estimativa de geração solar e manutenção preditiva. Já os algoritmos reativos aparecem no isolamento de falhas, no redirecionamento de energia e no ajuste automático da iluminação pública.

A diferença entre previsão e reação é importante para a proposta. Um sistema apenas reativo consegue responder a eventos, mas não evita que eles aconteçam. Um sistema apenas preditivo pode antecipar riscos, mas ainda precisa de mecanismos automáticos para agir. Por isso, a simulação propõe uma arquitetura integrada, em que cada agente contribui para o equilíbrio geral da rede.

5 Arquitetura da Simulação Proposta

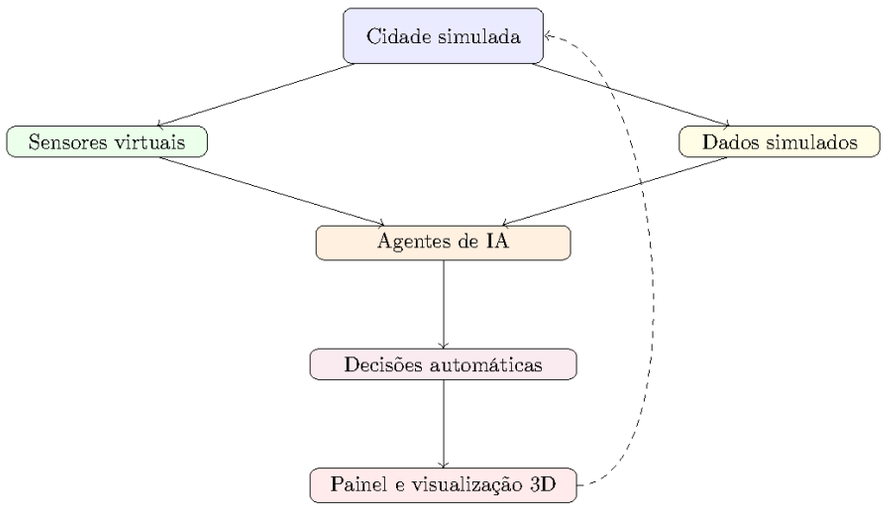
A simulação será organizada como uma cidade virtual composta por residências, ruas, postes, transformadores, painéis solares, baterias, rede principal e grandes edifícios. Cada elemento terá variáveis de estado, como consumo, geração, tensão, carga, temperatura ou luminosidade. Um painel de controle exibirá indicadores em tempo real, permitindo comparar cenários de operação normal, sobrecarga, falha e otimização.

A arquitetura considera seis módulos principais. Embora cada módulo tenha uma função própria, todos compartilham informações com o painel central da rede. Assim, a decisão de um agente pode influenciar os demais: uma queda de geração solar pode aumentar a carga da rede principal; uma falha em transformador pode exigir redirecionamento; um pico de consumo pode acionar resposta à demanda em edifícios.

6 Módulos da Smart Grid Simulada

6.1 Gestão do horário de pico

O primeiro módulo trata doPeak Load Management, ou gestão do horário de pico. O problema ocorre quando muitos consumidores usam energia ao mesmo tempo, especialmente entre 18h e 21h.



Elemento gráfico da fonte. Arquitetura geral da simulação integrada de Smart Grid.
Fonte: documento original do projeto, p. 5. Recorte do elemento científico, sem alteração dos dados.

Figura 1: Arquitetura geral da simulação integrada de Smart Grid.

Na simulação, esse fenômeno será representado por uma curva de carga diária, com aumento no início da noite.

O papel da inteligência artificial será prever a curva de consumo e aplicar estratégias de deslocamento de demanda. Um exemplo é simular preços dinâmicos: quando a rede está sobrecarregada, o sistema recomenda que aparelhos não urgentes, como máquinas de lavar, carregadores e aquecedores, funcionem em horários de menor demanda. O objetivo não é impedir o consumo, mas distribuir melhor o uso da energia ao longo do dia.

Na interface, o visitante poderá alterar a hora do dia e o uso de aparelhos. Quando a demanda ultrapassar a capacidade segura, a rede ficará em estado de alerta. A IA tentará achatar a curva de consumo, reduzindo a sobrecarga e mostrando a diferença entre um cenário sem otimização e outro com gestão inteligente.

6.2 Integração de geração distribuída

O segundo módulo simula micro-redes residenciais com painéis solares. A rede elétrica tradicional foi planejada para fluxo unidirecional, da usina para o consumidor. Porém, quando residências produzem energia solar, o fluxo pode se tornar bidirecional: a casa consome energia, armazena em bateria ou injeta excedente na rede.

A IA deverá estimar a geração solar com base em condições simuladas de clima, como sol, nuvens e tempestades. Quando houver excesso de geração, o sistema decidirá se a energia deve ser armazenada em baterias do bairro ou enviada para a rede principal. Quando houver queda brusca de geração, a IA poderá acionar baterias ou fontes de reserva para manter a estabilidade.

Cidade simulada

Sensores virtuais Dados simulados

Agentes de IA

Decisões automáticas

Painel e visualização 3D

Na demonstração, o visitante poderá adicionar nuvens ou chuva à cidade 3D. A simulação mostrará a queda da produção fotovoltaica e a resposta automática do sistema para evitar instabilidade.

6.3 Auto-recuperação e prevenção de apagões

O terceiro módulo representa o conceito deself-healing, isto é, capacidade de auto-recuperação da rede. Em redes tradicionais, uma falha localizada pode interromper o fornecimento para uma região maior do que o necessário. Em uma Smart Grid, sensores nos postes e chaves remotas permitem identificar rapidamente o local da falha, isolar o trecho danificado e redirecionar energia por caminhos alternativos.

Na simulação, a rede elétrica será representada como um grafo: postes, transformadores e edifícios serão nós; cabos serão arestas. Quando o visitante clicar em um poste para simular uma falha, o algoritmo identificará o trecho interrompido e buscará uma rota alternativa para restabelecer o fornecimento às casas afetadas. Técnicas como busca em largura, Dijkstra ou A* podem ser utilizadas dependendo da complexidade do mapa.

O indicador principal será a porcentagem de consumidores religados após a resposta automática. O objetivo demonstrativo é mostrar que a IA não elimina o dano físico, mas reduz seu impacto ao isolar apenas o trecho necessário.

6.4 Iluminação pública autônoma e adaptativa

O quarto módulo aborda o desperdício em iluminação pública. Postes tradicionais permanecem acesos em potência elevada durante toda a noite, mesmo quando não há circulação. A proposta da simulação é utilizar sensores virtuais de presença para ajustar a luminosidade conforme a movimentação de pedestres ou veículos.

Quando a rua estiver vazia, as lâmpadas operarão em baixa intensidade, por exemplo 20% da potência. Quando um avatar ou carro se aproximar, os postes próximos aumentarão gradualmente para 100%, criando um corredor de luz. Após a passagem, a iluminação retorna ao modo econômico.

O painel exibirá a economia estimada em watts ou porcentagem, comparando o consumo de uma rua com iluminação fixa e uma rua com iluminação adaptativa. Esse módulo evidencia que eficiência energética também pode ocorrer em serviços públicos cotidianos, sem comprometer segurança.

6.5 Manutenção preditiva de transformadores

O quinto módulo simula a manutenção preditiva de transformadores. Em muitos casos, equipamentos operam até falhar, causando apagões e custos maiores de reparo. Uma rede inteligente pode monitorar sinais de anomalia, como temperatura elevada, vibração, ruído e carga acima do normal.

Na simulação, cada transformador terá um índice de risco calculado a partir de variáveis simuladas. Quando a temperatura e a carga subirem de forma persistente, o transformador mudará de cor, passando de verde para amarelo e vermelho. Ao clicar no equipamento, o visitante verá um diagnóstico da IA, com alerta de falha iminente e recomendação de manutenção preventiva.

Esse módulo se conecta diretamente aoself-healing: enquanto a auto-recuperação reduz o impacto de falhas já ocorridas, a manutenção preditiva busca evitar que a falha aconteça.

6.6 Resposta à demanda em grandes edifícios

O sexto módulo representa a resposta à demanda em hospitais, escolas, shoppings ou prédios comerciais. Esses edifícios possuem alto consumo, especialmente por sistemas de climatização, iluminação interna, elevadores e equipamentos. Em momentos críticos, pequenos ajustes coordenados podem aliviar a rede sem desligar serviços essenciais.

Na simulação, quando a rede atingir limite de carga, a IA da cidade enviará um pedido de alívio ao edifício. O prédio poderá reduzir discretamente o ar-condicionado, diminuir potência de sistemas não críticos ou postergar cargas internas. A redução será pequena individualmente, mas significativa para a estabilidade da rede.

Esse módulo reforça a ideia de cooperação entre consumidores e infraestrutura pública. A cidade deixa de tratar edifícios apenas como cargas passivas e passa a considerá-los participantes ativos da gestão energética.

7 Metodologia

A pesquisa será desenvolvida como uma simulação computacional aplicada, com caráter demonstrativo e experimental. O método será dividido em cinco etapas:

1.Modelagem da cidade virtual:criação de uma malha urbana simplificada, contendo casas, ruas, postes, transformadores, painéis solares, baterias e grandes edifícios. 2.Definição das variáveis:estabelecimento de consumo, geração, carga máxima, temperatura, luminosidade, presença de usuários, clima e estado dos equipamentos. 3.Implementação dos agentes:desenvolvimento de regras e algoritmos para previsão, resposta automática, priorização de carga e redirecionamento de energia. 4.Construção da interface:elaboração de controles interativos para que visitantes alterem horário, clima, falhas, presença nas ruas e nível de consumo. 5.Validação por cenários:comparação entre cenários sem IA e com IA, observando consumo total, sobrecarga, consumidores afetados e economia estimada.

Como se trata de um projeto escolar com foco em demonstração científica, os dados podem ser simulados de forma controlada. Isso permite testar situações extremas, como tempestades, apagões e picos de consumo, sem depender de dados reais sensíveis. A prioridade metodológica será manter coerência lógica entre causa e efeito: se o clima piora, a geração solar cai; se a carga aumenta, o risco do transformador cresce; se um cabo rompe, a energia precisa buscar outro caminho.

8 Indicadores de Avaliação

Para avaliar a simulação, serão utilizados indicadores simples e compreensíveis ao público visitante. A Tabela 1 apresenta os principais critérios.

Tabela 1: Indicadores planejados para avaliação da simulação

Indicador	O que mede	Resultado esperado
Consumo total	Energia utilizada pela cidade em determinado período	Redução no cenário com IA
Pico de demanda	Maior carga simultânea registrada	Achatamento da curva de consumo
Economia em iluminação	Diferença entre iluminação fixa e adaptativa	Menor gasto durante baixa circulação
Consumidores religados	Casas atendidas após uma falha	Maior porcentagem com self-healing
Risco de transformador	Probabilidade simulada de falha	Alertas antes do colapso
Estabilidade da rede	Frequência de estados de sobrecarga	Menos eventos críticos

Fonte: documento original do projeto; dados e natureza das afirmações mantidos.

Esses indicadores não pretendem substituir medições reais de uma concessionária, mas funcionar como métricas didáticas para demonstrar o impacto das decisões inteligentes. A comparação entre antes e depois será essencial para responder à pergunta de pesquisa.

9 Resultados Esperados

Espera-se que a simulação demonstre que a integração dos seis agentes produz resultados superiores aos módulos isolados. A gestão de pico deve reduzir sobrecargas no início da noite. A geração distribuída deve mostrar como painéis solares e baterias podem apoiar a rede, desde que coordenados. O self-healing deve reduzir a área afetada por falhas. A iluminação adaptativa deve diminuir desperdício energético em horários de baixa circulação. A

manutenção preditiva deve alertar riscos antes de apagões. A resposta à demanda deve mostrar que grandes edifícios podem colaborar com a estabilidade urbana.

O resultado central esperado é tornar visível o conceito de otimização energética. Em vez de apresentar apenas uma maquete ou um painel estático, a simulação permitirá interação, experimentação e comparação. O visitante poderá perceber que pequenas decisões locais, quando coordenadas por algoritmos, podem gerar impacto sistêmico na cidade.

10 Discussão

A principal contribuição do projeto é propor uma visão integrada de Smart Grid. Muitos sistemas inteligentes são apresentados como soluções separadas: um sensor para iluminação, um sistema para falhas, outro para previsão de consumo. No entanto, a rede elétrica urbana funciona como um sistema interdependente. Uma decisão sobre iluminação pode reduzir carga; uma bateria pode compensar queda solar; um edifício pode aliviar a rede em momentos críticos; a manutenção preditiva pode evitar que o self-healing precise ser acionado.

Também é importante reconhecer limites. A simulação não representa toda a complexidade de uma rede elétrica real, que envolve normas técnicas, proteção elétrica, qualidade de energia, segurança operacional, custos de implantação e regulação. Além disso, sistemas com IA exigem transparência, supervisão humana e cuidado com decisões automatizadas em serviços essenciais. Portanto, o projeto deve ser entendido como modelo educacional e experimental, não como substituto direto de sistemas profissionais de concessionárias.

Mesmo com essas limitações, a proposta é relevante porque aproxima estudantes e público de um problema real das cidades: como usar tecnologia para consumir menos, prevenir falhas e tornar infraestruturas mais resilientes. A simulação funciona como um laboratório visual para testar hipóteses e compreender relações entre energia, dados e decisão.

11 Conclusão

Este artigo apresentou a proposta de uma simulação de Smart Grid para otimização energética em Smart Cities. A pesquisa parte do problema da pressão crescente sobre redes elétricas urbanas e da necessidade de reduzir desperdícios, antecipar falhas e mitigar colapsos de infraestrutura. Para isso, foi proposta uma arquitetura integrada com seis agentes: gestão de pico, geração distribuída, self-healing, iluminação pública autônoma, manutenção preditiva e resposta à demanda em grandes edifícios.

A resposta à pergunta de pesquisa é que a integração de algoritmos preditivos e reativos pode reduzir desperdícios e mitigar colapsos ao transformar a rede elétrica em um sistema monitorado, adaptativo e cooperativo. A previsão permite antecipar riscos; a reação automática permite responder rapidamente a eventos; e a integração entre módulos evita que decisões isoladas prejudiquem o equilíbrio geral da cidade.

Para a FECART 2026, o projeto tem potencial de unir fundamentação científica, demonstração interativa e impacto social. Ao permitir que o público manipule cenários e observe decisões da IA em tempo real, a simulação torna compreensível a importância das Smart Grids para a sustentabilidade e a resiliência das cidades do futuro.

Referências

[1]BATTY, Michael.The New Science of Cities. Cambridge: MIT Press, 2013.

[2]FARHANGI, Hassan. The path of the smart grid.IEEE Power and Energy Magazine, v. 8, n. 1, p. 18–28, 2010.

[3]GELLINGS, Clark W.The Smart Grid: Enabling Energy Efficiency and Demand Response. Lilburn: Fairmont Press, 2009.

[4]KITCHIN, Rob. The real-time city? Big data and smart urbanism.GeoJournal, v. 79, p. 1–14, 2014.

[5]MOMOH, James.Smart Grid: Fundamentals of Design and Analysis. Hoboken: Wiley-IEEE Press, 2012.

[6] ROSSETTI, Rafael Diogo; PIRES, Luis. Inteligência Artificial e Smart Cities na formação técnica do Colégio FECAP: relato de experiência de uma abordagem baseada em projetos. In: *Conexões Colégio FECAP: Revista de Educação Técnica, Ciência e Inovação*. Nesta edição, 2026, p. 1–10. Versão para avaliação institucional. A entrada identifica o relato docente desta edição, não um regulamento institucional independente.

LEITURAS COMPLEMENTARES INDICADAS PELA EDIÇÃO

Otimização Energética em Smart Cities

As indicações abaixo foram localizadas em fontes primárias e se relacionam ao tema do projeto. Não são atribuídas como bibliografia utilizada pelos estudantes. Outras indicações herdadas da curadoria, ainda não verificadas, constam apenas do quadro separado; a pertinência e a eventual incorporação ao argumento exigem validação dos autores. Não constituem certificação dos resultados do projeto.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Energy Efficiency 2025**. Paris, 2025. Disponível em: https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2025. Acesso em: 18 ago. 2026.

R03

ARTIGO / PROJETO

RESILIÊNCIA, CLIMA E ENERGIA

FloodGuard AI: Sistema Inteligente de Previsão e Prevenção de Alagamentos Urbanos

Davi Jun Horii dos Santos, Gustavo Fernandes Franco e Thales Serafim de Sá

DESTAQUE EDITORIAL

Dados históricos, topografia, drenagem e meteorologia alimentam mapas de calor e alertas destinados à prevenção de alagamentos e ao planejamento urbano.

DESCRITORES

alagamentos; geoprocessamento; meteorologia; alertas; gestão de risco

Identificação nesta versão: Davi Jun Horii dos Santos, Gustavo Fernandes Franco e Thales Serafim de Sá. *FloodGuard AI: Sistema Inteligente de Previsão e Prevenção de Alagamentos Urbanos*. In: *Conexões Colégio FECAP: Smart City*. Versão para avaliação institucional, 2026, p. 36–42.

Síntese de leitura elaborada pela edição a partir do documento disponível. Funcionalidades descritas não são, por si, evidência de implementação ou desempenho validado. A autoria segue a relação fornecida; conferências e divergências constam do controle separado.

TRABALHO DISCENTE

FloodGuard AI: Sistema Inteligente de Previsão e Prevenção de Alagamentos Urbanos

Davi Jun Horii dos Santos, Gustavo Fernandes Franco e Thales Serafim de Sá

Curso técnico de Inteligência Artificial, Colégio FECAP, São Paulo, Brasil

Nota editorial sobre a natureza do trabalho. Proposta de previsão de alagamentos. Benefícios urbanos e prevenção de danos são expectativas de aplicação, não resultados demonstrados. As afirmações científicas permanecem sob responsabilidade dos autores; validações e pendências específicas constam do controle separado.

1 Resumo Executivo

Os alagamentos urbanos representam um dos maiores desafios enfrentados pelas cidades modernas. Chuvas intensas, crescimento desordenado das áreas urbanas, impermeabilização do solo e sistemas de drenagem insuficientes contribuem para enchentes frequentes que causam prejuízos econômicos, impactos ambientais e riscos à vida humana.

O FloodGuard AI é uma plataforma baseada em Inteligência Artificial desenvolvida para prever alagamentos antes que eles ocorram. O sistema analisa dados históricos de chuva, ocorrências anteriores de enchentes, características do terreno, infraestrutura urbana e previsões meteorológicas em tempo real. A partir desses dados, a plataforma gera mapas de calor indicando as áreas com maior probabilidade de alagamento e envia alertas preventivos à população e aos órgãos responsáveis.

Além da prevenção imediata, o sistema auxilia governos e gestores urbanos a identificar locais prioritários para investimentos em drenagem, construção de bueiros, manutenção de galerias pluviais e obras de infraestrutura. Dessa forma, o projeto contribui para cidades mais inteligentes, resilientes e preparadas para eventos climáticos extremos.

2 Introdução

As mudanças climáticas e o crescimento acelerado das cidades aumentaram significativamente a frequência e a intensidade dos eventos de alagamento em diversas regiões do mundo. No Brasil, grandes centros urbanos como Rio de Janeiro, São Paulo, Recife, Belo Horizonte e Porto Alegre enfrentam regularmente problemas relacionados a enchentes urbanas.

Os impactos desses eventos incluem:

- interrupção do trânsito e da mobilidade urbana;
- danos a residências, comércios e equipamentos públicos;
- prejuízos financeiros para famílias, empresas e governos;
- acidentes envolvendo pedestres, veículos e redes elétricas;
- contaminação da água e do solo;
- propagação de doenças de veiculação hídrica;
- perda de vidas humanas.

Grande parte desses problemas ocorre porque os sistemas atuais atuam de forma predominantemente reativa, respondendo ao problema somente após sua ocorrência. OFloodGuard AIpropõe uma mudança de paradigma: utilizar Inteligência Artificial para antecipar riscos, orientar decisões e emitir alertas antes que o alagamento aconteça.

3 Problema a Ser Resolvido

Atualmente, muitas cidades possuem dados importantes sobre chuvas, enchentes, drenagem urbana, ocupação do solo e topografia. No entanto, essas informações geralmente estão dispersas em diferentes órgãos, formatos e sistemas, dificultando sua integração e análise.

Como consequência, surgem problemas recorrentes:

- pessoas ficam presas em áreas alagadas;
- serviços de emergência são acionados tardiamente;
- governos realizam obras sem priorização adequada;
- empresas sofrem perdas operacionais;
- cidadãos não recebem avisos preventivos com antecedência suficiente.

A falta de previsibilidade gera custos elevados para toda a sociedade. Portanto, o problema central do projeto é a ausência de uma plataforma integrada, preditiva e georreferenciada capaz de transformar dados climáticos e urbanos em decisões preventivas.

4 Objetivos

4.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma plataforma inteligente capaz de prever alagamentos urbanos utilizando Inteligência Artificial, dados climáticos em tempo real e análise geoespacial.

4.2 Objetivos Específicos

- coletar e organizar dados históricos de enchentes;
- analisar padrões de chuva e sua relação com ocorrências de alagamento;
- identificar áreas urbanas críticas e vulneráveis;
- gerar mapas de calor com níveis de risco;
- enviar alertas preventivos à população e aos órgãos públicos;
- auxiliar o planejamento urbano baseado em dados;
- reduzir prejuízos econômicos causados por enchentes;
- contribuir para a proteção de vidas humanas.

5 Descrição da Solução

OFloodGuard AIfunciona como um sistema de apoio à decisão para prevenção de alagamentos urbanos. Seu funcionamento pode ser dividido em cinco etapas principais.

5.1 Etapa 1 – Coleta de Dados

O sistema coleta informações provenientes de diferentes fontes, como:

- histórico de alagamentos;
- volume de chuva registrado em estações meteorológicas;
- previsões climáticas em tempo real;
- informações geográficas e topográficas;

- dados sobre drenagem urbana;
- imagens de satélite;
- sensores IoT instalados em pontos críticos da cidade.

5.2 Etapa 2 – Processamento dos Dados

Os dados coletados são padronizados, filtrados e armazenados em um banco de dados geográfico. Essa etapa permite transformar informações brutas em dados estruturados, prontos para análise por modelos de Inteligência Artificial.

5.3 Etapa 3 – Treinamento da Inteligência Artificial

A IA identifica padrões históricos associados aos alagamentos, como:

- quantidade de chuva que costuma causar alagamento em cada região;
- tempo médio entre o início da chuva e a ocorrência da inundação;
- regiões com maior vulnerabilidade;
- frequência e sazonalidade dos eventos;
- relação entre infraestrutura de drenagem e risco local.

5.4 Etapa 4 – Previsão de Risco

Ao receber novas previsões climáticas, o sistema calcula a probabilidade de alagamento em cada área monitorada. Essa análise considera tanto as condições meteorológicas quanto as características urbanas de cada local.

5.5 Etapa 5 – Emissão de Alertas

Caso o risco ultrapasse um limite definido, alertas são enviados automaticamente para usuários, Defesa Civil, prefeituras e demais órgãos responsáveis. Assim, a população pode evitar deslocamentos perigosos e os gestores podem agir preventivamente.

6 Arquitetura Tecnológica

6.1 Fontes de Dados

As principais fontes de dados previstas para o projeto são:

- INMET; •imagens de satélite;
- CEMADEN; •sensores IoT;
- Defesa Civil; •APIs meteorológicas;
- prefeituras; •bases cartográficas urbanas.

6.2 Banco de Dados

O sistema utilizaPostgreSQLcom extensãoPostGIS, permitindo armazenar e consultar dados geoespaciais, como coordenadas, polígonos de bairros, áreas de risco, redes de drenagem e pontos históricos de alagamento.

6.3 Modelos de Inteligência Artificial

Os modelos sugeridos para a plataforma incluem:

Tabela 1: Modelos de IA sugeridos para a plataforma

Modelo	Aplicação no projeto
Random Forest	Classificação de risco em baixo, moderado, alto ou crítico.
XGBoost	Previsões de alta precisão com dados tabulares e históricos.
Redes neurais	Identificação de padrões complexos entre clima, relevo e infraestrutura.
Deep Learning	Processamento de grandes volumes de dados, imagens e séries temporais.

Fonte: documento original do projeto; dados e natureza das afirmações mantidos.

7 Sistema de Previsão Climática

O sistema monitora continuamente variáveis meteorológicas relevantes para o risco de alagamento:

- temperatura;
- umidade;
- pressão atmosférica;
- velocidade do vento;
- volume previsto de chuva;
- intensidade da precipitação;
- duração estimada do evento climático.

Esses dados alimentam continuamente os modelos preditivos, permitindo que o sistema atualize os níveis de risco conforme novas informações meteorológicas são recebidas.

8 Mapa de Calor de Risco

A plataforma gera mapas visuais indicando o nível de risco de alagamento em cada região. A escala de cores proposta é:

Verde Baixo risco. Amarelo Risco moderado. Laranja Alto risco. Vermelho Risco crítico.

Quanto mais intensa a cor, maior a probabilidade de ocorrência de alagamento. Esse recurso facilita a interpretação dos dados por cidadãos, agentes públicos e equipes de emergência.

9 Sistema de Alertas

A plataforma poderá enviar notificações por diferentes canais:

- aplicativo móvel; •e-mail;
- SMS; •painéis urbanos;
- WhatsApp; •sistemas internos da Defesa Civil.

Exemplo de alerta preventivo:

ATENÇÃO:existe risco elevado de alagamento na região da Avenida Central entre 15h e 18h. Evite deslocamentos pela área e acompanhe os canais oficiais de orientação.

10 Planejamento Urbano Inteligente

Além da previsão de eventos imediatos, oFloodGuard AIauxilia gestores públicos no planejamento urbano. A IA pode identificar:

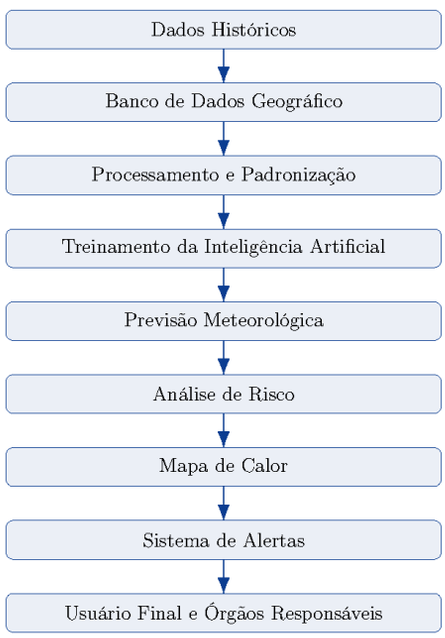
- locais com drenagem insuficiente;
- regiões com recorrência de enchentes;

- áreas prioritárias para obras públicas;
- pontos críticos para instalação de sensores;
- bairros com maior vulnerabilidade social e ambiental.

Com essas informações, prefeituras podem direcionar investimentos de forma mais eficiente, reduzindo desperdícios e priorizando regiões com maior risco para a população.

11 Tecnologias Utilizadas

Camada Tecnologias propostas Frontend React, Next.js Backend Python, FastAPI Inteligência Artifi- TensorFlow, Scikit-Learn, XGBoost cial Banco de Dados PostgreSQL, PostGIS Mapas Leaflet, OpenStreetMap InfraestruturaAWS, Azure ou Google Cloud



Elemento gráfico da fonte. Fluxograma proposto do FloodGuard AI.
Fonte: documento original do projeto, p. 7. Recorte do elemento científico, sem alteração dos dados.

12 Fluxograma do Sistema

13 Inovação e Diferencial Científico

O diferencial científico doFloodGuard AIestá na capacidade de transformar dados históricos e climáticos em previsões probabilísticas. Em vez de apenas registrar ocorrências passadas, a plataforma aprende com os padrões observados e calcula a chance de novos alagamentos.

De forma simplificada, o modelo de IA recebe variáveis como volume de chuva previsto, intensidade da precipitação, declividade do terreno, proximidade de rios, capacidade de drenagem e histórico de ocorrências. A partir dessas entradas, o sistema estima uma probabilidade de risco para cada região monitorada.

Esse processo permite que a cidade deixe de atuar apenas depois do desastre e passe a agir antes que ele aconteça. Além disso, quanto mais dados forem coletados ao longo do tempo, maior tende a ser a precisão do sistema, criando um ciclo contínuo de aprendizagem e melhoria.

Dados Históricos

Banco de Dados Geográfico

Processamento e Padronização

Treinamento da Inteligência Artificial

Previsão Meteorológica

Análise de Risco

Mapa de Calor

Sistema de Alertas

Usuário Final e Órgãos Responsáveis

14 Benefícios Esperados

14.1 Benefícios Sociais

- proteção de vidas;
- maior segurança para a população;
- melhoria da mobilidade urbana;
- comunicação mais rápida em situações de risco.

14.2 Benefícios Econômicos

- redução de prejuízos materiais;
- menor gasto com atendimentos emergenciais;
- proteção de empresas e cadeias logísticas;
- melhor direcionamento de obras públicas.

14.3 Benefícios Ambientais

- melhor gestão hídrica;
- redução de impactos ambientais;
- apoio ao planejamento sustentável;
- identificação de áreas sensíveis à ocupação irregular.

14.4 Benefícios Governamentais

- planejamento mais eficiente;
- melhor uso dos recursos públicos;
- apoio à Defesa Civil;
- transparência na tomada de decisão.

15 Diferenciais do Projeto

- uso de Inteligência Artificial para previsão de risco;
- atualização em tempo real com dados meteorológicos;
- abordagem preventiva, não apenas reativa;
- mapeamento geográfico avançado;
- escalabilidade para diferentes cidades;
- integração com políticas públicas e planejamento urbano.

16 Viabilidade

16.1 Viabilidade Técnica

A viabilidade técnica é alta, pois o projeto utiliza tecnologias já consolidadas, como bancos de dados geográficos, APIs meteorológicas, modelos de aprendizado de máquina e plataformas de computação em nuvem.

16.2 Viabilidade Financeira

Os custos de desenvolvimento e implantação tendem a ser relativamente baixos quando comparados aos prejuízos causados por enchentes urbanas. Além disso, o sistema pode ser implantado inicialmente em áreas-piloto, reduzindo o investimento inicial.

16.3 Viabilidade Operacional

O sistema pode ser implantado gradualmente em qualquer município, começando por regiões críticas e expandindo conforme novos dados e sensores forem incorporados à plataforma.

17 Expansões Futuras

Como possibilidades de evolução do projeto, destacam-se:

- sensores inteligentes em bueiros e galerias pluviais;
- uso de drones para monitoramento de áreas críticas;
- integração com sistemas de cidades inteligentes;
- visão computacional para análise de imagens urbanas;
- criação de gêmeos digitais urbanos;
- previsão de deslizamentos de terra;
- integração com rotas seguras para transporte público e ambulâncias.

18 Impacto Esperado

Espera-se que oFloodGuard AIcontribua para:

- redução significativa dos danos causados por enchentes;
- menor número de acidentes;
- diminuição de congestionamentos em eventos extremos;
- melhor qualidade de vida da população;
- maior eficiência dos investimentos públicos;
- fortalecimento da cultura de prevenção e resiliência urbana.

19 Conclusão

O FloodGuard AI representa uma solução inovadora para um problema que afeta milhões de pessoas em todo o mundo. Ao combinar Inteligência Artificial, previsão meteorológica e análise geográfica, a plataforma pretende apoiar a antecipação de alagamentos e a redução de danos. Esses benefícios dependem de validação e não são resultados demonstrados neste documento.

Mais do que uma ferramenta tecnológica, o projeto propõe uma nova forma de gestão urbana baseada em dados, prevenção e sustentabilidade. Sua implantação pode contribuir para a construção de cidades mais inteligentes, resilientes e seguras, preparadas para enfrentar os desafios climáticos do presente e do futuro.

LEITURAS COMPLEMENTARES INDICADAS PELA EDIÇÃO

FloodGuard AI

As indicações abaixo foram localizadas em fontes primárias e se relacionam ao tema do projeto. Não são atribuídas como bibliografia utilizada pelos estudantes. Outras indicações herdadas da curadoria, ainda não verificadas, constam apenas do quadro separado; a pertinência e a eventual incorporação ao argumento exigem validação dos autores. Não constituem certificação dos resultados do projeto.

NEVO, Sella; MORIN, Efrat; GERZI ROSENTHAL, Adi *et al.* Flood Forecasting with Machine Learning Models in an Operational Framework. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 26, n. 15, p. 4013–4032, 2022. DOI: 10.5194/hess-26-4013-2022.

R04

ARTIGO / PROJETO

RESILIÊNCIA, CLIMA E ENERGIA

InfraNexus: Avaliação Preditiva dos Impactos Urbanos de Obras de Infraestrutura em Cenários de Mudanças Climáticas

Bernardo Pereira Pegorelli, Carlos Henrique Matos de Freitas e Luiz Felipe Costa Valentim

DESTAQUE EDITORIAL

A plataforma propõe antecipar efeitos de obras sobre mobilidade, drenagem, ambiente e qualidade de vida, integrando aprendizado de máquina, análise espacial e projeções climáticas.

DESCRITORES

infraestrutura; mudanças climáticas; impacto urbano; análise espacial; previsão

Identificação nesta versão: Bernardo Pereira Pegorelli, Carlos Henrique Matos de Freitas e Luiz Felipe Costa Valentim. *InfraNexus: Avaliação Preditiva dos Impactos Urbanos de Obras de Infraestrutura em Cenários de Mudanças Climáticas*. In: *Conexões Colégio FECAP: Smart City*. Versão para avaliação institucional, 2026, p. 45–48.

Síntese de leitura elaborada pela edição a partir do documento disponível. Funcionalidades descritas não são, por si, evidência de implementação ou desempenho validado. A autoria segue a relação fornecida; conferências e divergências constam do controle separado.

TRABALHO DISCENTE

InfraNexus: Avaliação Preditiva dos Impactos Urbanos de Obras de Infraestrutura em Cenários de Mudanças Climáticas

Bernardo Pereira Pegorelli, Carlos Henrique Matos de Freitas e Luiz Felipe Costa Valentim

Curso técnico de Inteligência Artificial, Colégio FECAP, São Paulo, Brasil

Nota editorial sobre a natureza do trabalho. Proposta de avaliação preditiva de infraestrutura; impactos ambientais e urbanos dependem de dados e validação específicos. As afirmações científicas permanecem sob responsabilidade dos autores; validações e pendências específicas constam do controle separado.

Resumo

O crescimento urbano acelerado, associado aos efeitos das mudanças climáticas, tem intensificado desafios relacionados à mobilidade urbana, enchentes, impermeabilização do solo, drenagem insuficiente e degradação ambiental. Diante desse cenário, este artigo propõe o desenvolvimento de uma plataforma baseada em Inteligência Artificial capaz de avaliar, de forma preditiva, os impactos urbanos e ambientais de obras de infraestrutura antes de sua implementação. A proposta considera a simulação de empreendimentos como avenidas, hospitais, condomínios, centros comerciais e parques, analisando indicadores relacionados ao risco de enchentes, ao impacto no trânsito, à drenagem urbana, à supressão de áreas verdes e à sustentabilidade. A metodologia prevê o uso de técnicas de Machine Learning, análise espacial e integração de dados urbanos, ambientais e climáticos, incluindo cenários futuros para os anos de 2035 e 2050. Espera-se que a plataforma contribua para a tomada de decisões mais sustentáveis, favorecendo a prevenção de riscos urbanos e a conscientização sobre os impactos das mudanças climáticas no planejamento das cidades. Palavras-chave: Inteligência Artificial. Planejamento urbano. Mudanças climáticas. Infraestrutura. Sustentabilidade.

1 INTRODUÇÃO

O processo de urbanização tem provocado transformações significativas no espaço das cidades. O aumento da população urbana, a expansão de áreas construídas e a implantação constante de novas obras de infraestrutura geram impactos diretos sobre o trânsito, a drenagem, o meio ambiente e a qualidade de vida da população. Esses efeitos tornam-se ainda mais complexos quando associados às mudanças climáticas, que ampliam a frequência e a intensidade de eventos extremos, como chuvas fortes, enchentes e ondas de calor. Em muitos contextos, os estudos de impacto urbano e ambiental são realizados de maneira fragmentada, com análises técnicas pouco acessíveis ao público e, muitas vezes, difíceis de serem compreendidas por gestores, estudantes e comunidades afetadas. Tal limitação dificulta a participação social e reduz a capacidade de antecipar problemas antes da execução de obras. Nesse sentido, a Inteligência Artificial surge como uma alternativa promissora para apoiar o planejamento urbano. Por meio do uso de dados urbanos, ambientais e climáticos, modelos inteligentes podem identificar padrões, estimar riscos e simular cenários futuros. Assim, torna-se possível avaliar previamente os efeitos de diferentes tipos de empreendimentos, contribuindo para decisões mais sustentáveis e preventivas. Este artigo apresenta a proposta do grupo InfraNexus para o desenvolvimento de uma plataforma de Inteligência

Artificial voltada à avaliação preditiva dos impactos urbanos de obras de infraestrutura, considerando tanto as condições atuais quanto cenários futuros influenciados pelas mudanças climáticas.

2 PROBLEMA DE PESQUISA

A pesquisa parte da seguinte questão: como a Inteligência Artificial pode auxiliar na previsão dos impactos urbanos e ambientais gerados por obras de infraestrutura, considerando tanto as condições atuais quanto os cenários futuros influenciados pelas mudanças climáticas? Essa pergunta orienta a construção de uma solução tecnológica capaz de integrar diferentes variáveis urbanas e ambientais em uma única plataforma de análise. O objetivo é permitir que usuários compreendam, antes da construção de uma obra, quais impactos ela poderá provocar em seu entorno e como esses efeitos podem se intensificar em cenários climáticos futuros.

3 HIPÓTESE

A hipótese central deste trabalho é que a utilização de modelos de Inteligência Artificial treinados com dados urbanos, ambientais e climáticos pode fornecer previsões confiáveis sobre os impactos potenciais de obras de infraestrutura. Dessa forma, a tecnologia poderá auxiliar gestores, pesquisadores, estudantes e cidadãos na tomada de decisões mais sustentáveis, reduzindo riscos relacionados a enchentes, mobilidade urbana, impermeabilização do solo e degradação ambiental.

4 OBJETIVOS

4.1Objetivo geral

Desenvolver uma plataforma inteligente capaz de prever e visualizar os impactos urbanos e ambientais de obras de infraestrutura utilizando Inteligência Artificial e projeções climáticas.

4.2Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- simular diferentes tipos de obras urbanas;
- avaliar alterações no risco de enchentes;
- estimar impactos na mobilidade urbana;
- analisar efeitos relacionados à impermeabilização do solo;
- avaliar perdas de áreas verdes;
- incorporar cenários climáticos futuros;
- criar uma interface interativa para uso educacional e de apoio ao planejamento urbano.

5 JUSTIFICATIVA

A relevância desta pesquisa está associada à necessidade de tornar o planejamento urbano mais preventivo, acessível e orientado por dados. Obras de infraestrutura podem trazer benefícios importantes para a população, mas também podem causar impactos negativos quando não são avaliadas adequadamente. Entre esses impactos, destacam-se o aumento do tráfego, a redução de áreas permeáveis, a elevação do risco de enchentes e a perda de vegetação. Além disso, as mudanças climáticas impõem novos desafios às cidades, pois alteram padrões de chuva, temperatura e ocorrência de eventos extremos. Portanto, avaliar apenas as condições atuais pode ser insuficiente para garantir a segurança e a sustentabilidade de uma obra ao longo do tempo. A plataforma proposta busca contribuir com esse desafio ao integrar Inteligência Artificial, planejamento urbano e simulação climática. Com isso, espera-se oferecer uma ferramenta educativa e prática, capaz de transformar dados complexos em informações visuais, compreensíveis e úteis para a tomada de decisão.

6 METODOLOGIA

A metodologia proposta envolve o desenvolvimento de uma plataforma digital baseada em técnicas de Machine Learning e análise espacial. Inicialmente, serão levantados dados relacionados à ocupação urbana, áreas impermeabilizadas, proximidade de corpos hídricos, densidade populacional, infraestrutura viária, cobertura vegetal e indicadores climáticos. Esses dados serão organizados e utilizados para treinar modelos preditivos capazes de identificar relações entre características urbanas e impactos observados. A partir desse treinamento, a plataforma deverá estimar os efeitos potenciais de novas obras, considerando variáveis como localização, tipo de empreendimento, tamanho da intervenção e características do entorno. O usuário poderá selecionar diferentes tipos de obras, como avenidas, hospitais, condomínios, centros comerciais ou parques. Em seguida, o sistema analisará os dados disponíveis e apresentará previsões relacionadas ao risco de enchentes, à mobilidade urbana, à drenagem, à impermeabilização do solo, à perda de áreas verdes e à sustentabilidade da intervenção. Outro aspecto metodológico importante será a incorporação de cenários climáticos futuros. A plataforma deverá comparar os impactos estimados para as condições atuais com projeções para anos futuros, como 2035 e 2050. Essa comparação permitirá observar como uma obra considerada viável atualmente pode apresentar riscos maiores em um cenário de chuvas mais intensas ou temperaturas mais elevadas. Os resultados serão apresentados por meio de mapas interativos, gráficos e indicadores de risco. Essa forma de visualização tem como finalidade facilitar a compreensão dos impactos previstos, tornando a ferramenta acessível tanto para fins educacionais quanto para apoio ao planejamento urbano.

7 INOVAÇÃO DO PROJETO

O diferencial da proposta está na integração entre Inteligência Artificial, planejamento urbano, avaliação de impactos de obras, mudanças climáticas e simulação interativa para o público. Em vez de apresentar apenas análises técnicas isoladas, a plataforma pretende reunir diferentes dimensões do problema urbano em uma experiência visual e participativa. A inovação também se manifesta na possibilidade de comparar impactos atuais e futuros. Assim, a ferramenta não se limita a indicar os efeitos imediatos de uma obra, mas também permite avaliar como esses efeitos podem se modificar ao longo do tempo em razão das mudanças climáticas. Além disso, o projeto possui potencial educativo, pois transforma conceitos complexos de urbanismo, engenharia civil, meio ambiente e ciência de dados em uma atividade prática. O usuário deixa de ser apenas observador e passa a atuar como planejador urbano, testando hipóteses e visualizando consequências de suas escolhas.

8 APLICAÇÃO NA FEIRA CIENTÍFICA

Durante a apresentação em feira científica, os visitantes poderão interagir diretamente com o sistema. A proposta é que cada participante assuma o papel de planejador urbano, escolhendo uma obra, definindo sua localização e observando, em tempo real, os impactos previstos pela Inteligência Artificial. Essa dinâmica permite aproximar o público de temas relevantes para o futuro das cidades. Ao visualizar mapas, gráficos e indicadores, os visitantes poderão compreender como decisões relacionadas à infraestrutura influenciam enchentes, trânsito, drenagem, áreas verdes e sustentabilidade. Dessa forma, a apresentação não se limitará à exposição teórica do projeto, mas proporcionará uma experiência prática, educativa e interativa, estimulando a reflexão sobre os desafios do planejamento urbano em um contexto de mudanças climáticas.

9 RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se que a plataforma demonstre a viabilidade do uso da Inteligência Artificial como ferramenta de apoio ao planejamento urbano sustentável. A solução deverá permitir a identificação antecipada de riscos e impactos associados a diferentes tipos de obras, contribuindo para decisões mais responsáveis e fundamentadas. Entre os principais resultados esperados, destacam-se a previsão de áreas com maior risco de enchentes, a estimativa de impactos sobre a mobilidade urbana, a análise da impermeabilização do solo, a avaliação da perda de áreas verdes e a comparação entre cenários climáticos atuais e futuros. Também se espera que o

projeto contribua para a conscientização do público sobre a importância de planejar cidades mais resilientes. Ao tornar informações complexas mais acessíveis, a plataforma poderá estimular o debate sobre sustentabilidade, tecnologia e responsabilidade social no desenvolvimento urbano.

10CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento de uma plataforma de Inteligência Artificial para avaliação preditiva dos impactos urbanos de obras de infraestrutura representa uma proposta relevante diante dos desafios enfrentados pelas cidades contemporâneas. A integração entre dados urbanos, ambientais e climáticos pode favorecer análises mais completas e apoiar decisões voltadas à prevenção de riscos.

A proposta apresentada pelo grupo InfraNexus busca demonstrar que a tecnologia pode ser utilizada não apenas como ferramenta técnica, mas também como recurso educativo e participativo. Ao permitir a simulação de diferentes obras e cenários climáticos, a plataforma poderá contribuir para a formação de uma consciência urbana mais sustentável. Conclui-se que a Inteligência Artificial possui grande potencial para auxiliar o planejamento urbano, especialmente quando aplicada à previsão de impactos, à visualização de riscos e à construção de alternativas mais seguras para o futuro das cidades.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.NBR 6022: informação e documentação: artigo em publicação periódica técnica e/ou científica: apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2018. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.NBR 6023: informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2018. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.NBR 14724: informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2011. IPCC.Climate Change 2023: synthesis report. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023. ONU-HABITAT.World Cities Report 2022: envisioning the future of cities. Nairobi: United Nations Human Settlements Programme, 2022.

LEITURAS COMPLEMENTARES INDICADAS PELA EDIÇÃO

InfraNexus

As indicações abaixo foram localizadas em fontes primárias e se relacionam ao tema do projeto. Não são atribuídas como bibliografia utilizada pelos estudantes. Outras indicações herdadas da curadoria, ainda não verificadas, constam apenas do quadro separado; a pertinência e a eventual incorporação ao argumento exigem validação dos autores. Não constituem certificação dos resultados do projeto.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2023: Synthesis Report**. Geneva, 2023. DOI: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.

UNITED NATIONS HUMAN SETTLEMENTS PROGRAMME. **World Cities Report 2022: Envisaging the Future of Cities**. Nairobi, 2022. Disponível em: https://unhabitat.org/wcr/. Acesso em: 18 ago. 2026.

R05

ARTIGO / PROJETO

RESILIÊNCIA, CLIMA E ENERGIA

UrbanShield: Previsor de Desastres Urbanos com IA Própria

Gabriel Lopes Crespo, Felipe Albuquerque Souza e João Pedro da Costa Marçal

DESTAQUE EDITORIAL

Uma cadeia de dados públicos converte chuva, relevo, impermeabilização e histórico de ocorrências em previsão explicável de alagamentos e deslizamentos.

DESCRITORES

defesa civil; desastres; modelo explicável; dados públicos; alerta antecipado

Identificação nesta versão: Gabriel Lopes Crespo, Felipe Albuquerque Souza e João Pedro da Costa Marçal. *UrbanShield: Previsor de Desastres Urbanos com IA Própria*. In: *Conexões Colégio FECAP: Smart City*. Versão para avaliação institucional, 2026, p. 51–55.

Síntese de leitura elaborada pela edição a partir do documento disponível. Funcionalidades descritas não são, por si, evidência de implementação ou desempenho validado. A autoria segue a relação fornecida; conferências e divergências constam do controle separado.

TRABALHO DISCENTE

UrbanShield: Previsor de Desastres Urbanos com IA Própria

Gabriel Lopes Crespo, Felipe Albuquerque Souza e João Pedro da Costa Marçal

Curso técnico de Inteligência Artificial, Colégio FECAP, São Paulo, Brasil

Nota editorial sobre a natureza do trabalho. Proposta de predição de desastres. Os indicadores contextuais e a meta de recall exigem documentação; a fonte original identifica 2025, divergência a confirmar. As afirmações científicas permanecem sob responsabilidade dos autores; validações e pendências específicas constam do controle separado.

01 O Problema

Desafios de antecipação e resposta a desastres

O projeto investiga a possibilidade de antecipar condições associadas a alagamentos e deslizamentos. A combinação de chuva intensa, terreno com alta declividade e solo impermeabilizado é o padrão recorrente por trás de quase todas as tragédias urbanas no Brasil. No entanto, a maioria das cidades brasileiras ainda não dispõe de sistemas de alerta antecipado baseados em dados — reagindo ao desastre em vez de preveni-lo.

Tabela 1: Indicadores contextuais informados pelos autores, a verificar

Valor	Descrição na fonte
800+	Mortes por ano no Brasil por desastres naturais urbanos.
60%	Das mortes concentradas na região Sudeste (SP, RJ, MG).
1.690	Ocorrências registradas pelo CEMADEN apenas em 2024.

Fonte: documento original do projeto; dados e natureza das afirmações mantidos.

Por que o problema persiste? Os dados necessários para prever desastres já existem e são públicos — mas estão espalhados em fontes diferentes e nunca foram integrados num sistema preditivo acessível.

Soluções comerciais de monitoramento têm custo elevado e não estão disponíveis para a maioria das defesas civis municipais brasileiras.

Falta uma ferramenta transparente: sistemas de caixa-preta não geram confiança suficiente para tomada de decisão em emergências.

São Paulo registrou 27 ocorrências de desastre em 2024 segundo o CEMADEN — a terceira cidade com mais alertas emitidos no país, junto com Belo Horizonte. A cidade concentra todas as variáveis de risco: alta densidade populacional, encostas ocupadas e extensas áreas impermeabilizadas.

02 A Solução — UrbanShield

Do dado ao alerta em 4 etapas

O UrbanShield é um pipeline completo que transforma dados públicos em previsões de risco em tempo real. Cada etapa foi projetada para ser transparente, auditável e replicável para qualquer cidade brasileira que disponha de dados abertos.

01 Coleta de dados públicos O sistema integra automaticamente quatro fontes abertas e gratuitas: precipitação do INMET, topografia do IBGE, histórico de ocorrências do Atlas Digital de Desastres (1991–2024) e dados de ocupação do solo do GeoSampa.

INMET · IBGE · Atlas Digital · GeoSampa

02 Processamento e engenharia de features Os dados brutos são normalizados e cruzados geograficamente. São geradas variáveis derivadas como chuva acumulada nas últimas 6h, índice chuva × declividade e distância de cursos d'água — fatores comprovadamente correlacionados com ocorrências.

Python · Pandas · NumPy · Scikit-learn

03 Modelo de IA próprio — Random Forest Um classificador Random Forest treinado do zero pelo Neural Trio calcula a probabilidade de desastre para cada zona da cidade. Nenhuma API externa, nenhuma ferramenta pronta. O modelo é completamente transparente: cada decisão pode ser auditada e explicada.

Random Forest · Feature Importance · Validacao cruzada

04 Painel da Defesa Civil e alertas O resultado é exibido num painel interativo com mapa de calor (verde / amarelo / vermelho). Quando o risco de uma zona ultrapassa 70%, o sistema dispara um alerta automático — permitindo que as equipes se posicionem antes que o desastre aconteça.

Flask · Leaflet.js · Chart.js · Alertas automaticos

03 A Inteligência Artificial

Construída do zero, explicável por design

O grande diferencial técnico do UrbanShield não é apenas prever — é explicar cada decisão tomada. Em contextos de emergência, a confiança no sistema depende diretamente da transparência do modelo.

Por que não usar uma IA pronta? Ferramentas como ChatGPT, APIs de terceiros e modelos pré-treinados oferecem conveniência, mas operam como caixas-pretas: não é possível saber com precisão por que uma decisão foi tomada. Para um sistema de alerta de desastres usado pela Defesa Civil, isso é inaceitável. O Neural Trio optou por construir o modelo do zero para garantir total controle, auditabilidade e compreensão de cada decisão.

Arquitetura do modelo

Tabela 2: Arquitetura proposta do modelo

Componente	Descrição	Justificativa apresentada
Random Forest Classifier	Ensemble de 200 árvores de decisão treinadas com dados históricos	Adequação a dados tabulares mistos e robustez a outliers.
class_weight='balanced'	Compensa o desbalanceamento entre dias com e sem desastre	Evitar que o modelo aprenda a dizer sempre 'sem risco'.
Feature Importance	Revela o peso de cada variável na decisão do modelo	Apoiar explicabilidade e avaliação da confiabilidade operacional.
Validação 80/20	20% dos dados reservados exclusivamente para teste	Medir desempenho em dados não vistos no treino.

Fonte: documento original do projeto; dados e natureza das afirmações mantidos.

Variáveis de entrada (features)

Feature Descrição Relevância

chuva_1h mm de precipitação na última 1 hora Alta

chuva_6h mm de precipitação nas últimas 6 horas Muito Alta

chuva_24h mm de precipitação nas últimas 24 horas Alta

declividade Graus de inclinação do terreno (IBGE) Alta solo_tipo 0 = permeável, 1 = impermeável Média

historico_bairro Número de ocorrências passadas no bairro Alta

mes Mês do ano (1–12) para sazonalidade Média

O Recall da classe positiva (dias com desastre) é a métrica mais crítica do modelo. É preferível emitir um falso alerta a deixar de prever um desastre real. A meta do Neural Trio é atingir Recall >= 75% na classe de risco.

04 Fontes de Dados

Dados públicos, gratuitos e verificáveis

Todas as fontes utilizadas no UrbanShield são abertas, gratuitas e mantidas por órgãos oficiais brasileiros. Não há dependência de dados proprietários ou pagos.

Atlas Digital de Desastres Ministério da Integração e Desenvolvimento Regional Histórico de desastres 1991–2024 para todos os municípios brasileiros atlasdigital.mdr.gov.br

INMET — Instituto Nacional de Meteorologia Governo Federal Dados de precipitação diária com estações distribuídas por São Paulo portal.inmet.gov.br

IBGE — Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística Governo Federal Dados topográficos, altitude e declividade do terreno por região ibge.gov.br

GeoSampa Prefeitura de São Paulo Registros de alagamentos por bairro desde 2013, formato CSV geosampa.prefeitura.sp.gov.br

S2ID — Sistema Integrado de Informações sobre Desastres Defesa Civil Nacional Ocorrências oficiais registradas pelas defesas civis municipais s2id.mi.gov.br

OpenWeatherMap OpenWeather Ltd API gratuita para dados de precipitação em tempo real (protótipo) openweathermap.org/api

05 Tecnologias Utilizadas

Stack técnico — 100% open source

Dados & IA

Tecnologia Uso no projeto

Python 3.11+ Linguagem principal do projeto

Pandas Manipulação e limpeza dos datasets

NumPy Operações matemáticas e vetorização

Scikit-learn Treinamento e avaliação do Random Forest

Joblib Serialização e carregamento do modelo treinado

Jupyter Notebook Desenvolvimento e documentação do modelo

Backend

Tecnologia Uso no projeto

Flask API REST que serve o modelo para o painel

Python-dotenv Gestão de variáveis de ambiente

Requests Integração com APIs externas (INMET, OpenWeather)

Frontend / Painel

Tecnologia Uso no projeto

Leaflet.js Mapa interativo de risco por bairro

Chart.js Gráficos de chuva acumulada e métricas do modelo

HTML / CSS / JS Interface do painel da Defesa Civil

06 Cronograma de Desenvolvimento

Quatro fases em mais de 3 meses

FASE 01 Pesquisa e Dados Semanas 1–2

Definir São Paulo como cidade foco do protótipo

Baixar datasets do Atlas Digital, INMET e GeoSampa

Explorar e documentar a estrutura de cada arquivo

Identificar e tratar inconsistências nos dados brutos

Definir variáveis de entrada do modelo

FASE 02 Modelo de IA Semanas 3–6

Limpar, normalizar e cruzar os datasets por data e bairro

Engenharia de features (chuva acumulada, índices compostos)

Treinar o Random Forest com dados históricos reais

Avaliar métricas: precision, recall e F1-score

Plotar importância das features e documentar decisões

Salvar o modelo treinado para uso no backend

FASE 03 Protótipo Semanas 7–10

Criar API Flask que serve as previsões do modelo

Desenvolver mapa interativo com Leaflet.js

Integrar coloração de bairros conforme nível de risco

Implementar sistema de alertas automáticos (>70%)

Adicionar gráficos de chuva acumulada e métricas

Testar pipeline completa: dado real → modelo → painel

FASE 04 FECART Semanas 11–13

Montar apresentação com narrativa de impacto

Refinar protótipo para demo ao vivo

Preparar respostas para perguntas técnicas dos avaliadores

Ensaiar apresentação com os professores

Submeter documentação final

07 A Equipe — Neural Trio

Três alunos, três camadas do projeto

O Neural Trio dividiu o projeto por camada técnica, permitindo que cada membro desenvolva expertise profunda em sua área enquanto colabora nas interfaces entre elas.

Gabriel Lopes Dados & Modelo de IA Responsável pela coleta e limpeza dos datasets públicos, engenharia de features, G treinamento do Random Forest, avaliação de métricas e documentação técnica do modelo.

João Marçal Backend & Integração J Desenvolve a API Flask que serve as previsões do modelo, o pipeline de dados em tempo real, a integração com APIs climáticas e a lógica de alertas automáticos.

Felipe Albuquerque Frontend & Apresentação F Constrói o painel interativo com mapa Leaflet, os gráficos de risco e métricas, e coordena a narrativa de apresentação, slides e demo ao vivo na Fecart.

FECAP — Fundação Escola de Comércio Álvares Penteado Curso Técnico em Inteligência Artificial · São Paulo, SP · edição do evento a confirmar pelos autores

08 Impacto e Próximos Passos

Além da Fecart

O UrbanShield foi concebido como um sistema escalável. A arquitetura modular permite que qualquer cidade brasileira com acesso a dados públicos possa utilizar o sistema com mínimas adaptações.

Impacto esperado Redução do tempo de resposta da Defesa Civil através de alertas antecipados em até 6 horas.

Tomada de decisão baseada em dados em vez de estimativas empíricas.

Transparência total: o sistema explica cada alerta com os fatores que mais pesaram na previsão.

Replicabilidade: o modelo pode ser retreinado para qualquer cidade com dados históricos disponíveis.

Próximos passos após a Fecart

Tabela 3: Próximos passos propostos após a FECART

Frente	Intenção de desenvolvimento
Dados em tempo real	Integração com pluviômetros da SABESP e API do CEMADEN para monitoramento contínuo.
Notificações via WhatsApp	Alertas automáticos enviados à Defesa Civil via API do WhatsApp Business.
Expansão para outras cidades	Retreinamento do modelo com dados de Belo Horizonte, Rio de Janeiro e Curitiba.
Modelo de deep learning	Exploração de LSTM para séries temporais de precipitação com maior antecipação.

Fonte: documento original do projeto; dados e natureza das afirmações mantidos.

O UrbanShield propõe explorar dados públicos e ferramentas open source para apoiar a prevenção de desastres. A contribuição pretendida dos estudantes do curso técnico de Inteligência Artificial do Colégio FECAP depende de validação técnica; o documento não demonstra impacto medido sobre a redução de mortes.

LEITURAS COMPLEMENTARES INDICADAS PELA EDIÇÃO

UrbanShield

As indicações abaixo foram localizadas em fontes primárias e se relacionam ao tema do projeto. Não são atribuídas como bibliografia utilizada pelos estudantes. Outras indicações herdadas da curadoria, ainda não verificadas, constam apenas do quadro separado; a pertinência e a eventual incorporação ao argumento exigem validação dos autores. Não constituem certificação dos resultados do projeto.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2023: Synthesis Report**. Geneva, 2023. DOI: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. **Artificial Intelligence Risk Management Framework, AI RMF 1.0**. Gaithersburg, 2023. DOI: 10.6028/NIST.AI.100-1.

R06

ARTIGO / PROJETO

RESILIÊNCIA, CLIMA E ENERGIA

EcoAlerta: Sistema Sustentável de Monitoramento e Prevenção de Enchentes com ESP32 e Sensor Ultrassônico

João Victor Rovito Ozzetti, Leonardo Colin A. R. Gouvea e Miguel Leme Gomes

DESTAQUE EDITORIAL

Um protótipo de baixo custo mede o nível da água e comunica níveis progressivos de risco por luz e som, incorporando materiais reciclados à demonstração.

DESCRITORES

ESP32; sensor ultrassônico; enchentes; baixo custo; sustentabilidade

Identificação nesta versão: João Victor Rovito Ozzetti, Leonardo Colin A. R. Gouvea e Miguel Leme Gomes. *EcoAlerta: Sistema Sustentável de Monitoramento e Prevenção de Enchentes com ESP32 e Sensor Ultrassônico*. In: *Conexões Colégio FECAP: Smart City*. Versão para avaliação institucional, 2026, p. 58–63.

Síntese de leitura elaborada pela edição a partir do documento disponível. Funcionalidades descritas não são, por si, evidência de implementação ou desempenho validado. A autoria segue a relação fornecida; conferências e divergências constam do controle separado.

TRABALHO DISCENTE

EcoAlerta: Sistema Sustentável de Monitoramento e Prevenção de Enchentes com ESP32 e Sensor Ultrassônico

João Victor Rovito Ozzetti, Leonardo Colin A. R. Gouvea e Miguel Leme Gomes

Curso técnico de Inteligência Artificial, Colégio FECAP, São Paulo, Brasil

Nota editorial sobre a natureza do trabalho. Proposta de monitoramento com ESP32 e sensor ultrassônico. A demonstração de funcionamento não equivale a validação para alerta público. As afirmações científicas permanecem sob responsabilidade dos autores; validações e pendências específicas constam do controle separado.

Resumo

As enchentes representam um grave problema social, ambiental e econômico em diversas comunidades brasileiras, especialmente em regiões próximas a rios, córregos e áreas sujeitas a alagamentos. Muitas vezes, a população afetada não recebe alertas com antecedência suficiente para adotar medidas preventivas, o que amplia os danos materiais e os riscos à vida humana. Este artigo apresenta o projeto EcoAlerta, uma proposta sustentável, acessível e de baixo custo para monitoramento do nível da água e emissão de alertas visuais e sonoros. O sistema utiliza um sensor ultrassônico HC-SR04 para medir a distância entre o sensor e a superfície da água, um microcontrolador ESP32 para processar os dados e LEDs, juntamente com um buzzer, para indicar diferentes níveis de risco. Como diferencial sustentável, o projeto propõe o uso de garrafas PET recicladas para proteger os componentes eletrônicos e de materiais reaproveitados na construção de uma maquete urbana em aquário. Espera-se demonstrar que soluções simples de eletrônica, programação e sustentabilidade podem contribuir para a conscientização ambiental e para a prevenção de desastres naturais em comunidades vulneráveis. Palavras-chave: enchentes; sustentabilidade; ESP32; sensor ultrassônico; alerta preventivo; materiais recicláveis.

1 Introdução

As enchentes representam um dos principais problemas enfrentados por diversas comunidades brasileiras, causando prejuízos materiais, danos ambientais e colocando vidas em risco. Em muitas situações, a população não recebe alertas com antecedência suficiente para agir de forma preventiva, aumentando os impactos causados pelas inundações.

Embora existam sistemas profissionais de monitoramento do nível da água, grande parte dessas tecnologias possui alto custo de instalação e manutenção, dificultando sua utilização em comunidades vulneráveis e regiões com poucos recursos. Diante dessa realidade, torna-se necessário desenvolver alternativas mais simples, acessíveis e sustentáveis, capazes de auxiliar na identificação antecipada de situações de risco.

Nesse contexto, o projeto EcoAlerta propõe uma solução sustentável e de baixo custo para auxiliar na prevenção de enchentes. O sistema utiliza um sensor ultrassônico HC-SR04 para monitorar continuamente o nível da água, um microcontrolador ESP32 para processar as informações e um conjunto de alertas visuais e sonoros para indicar situações de risco.

Como diferencial sustentável, garrafas PET recicladas serão utilizadas para proteger os componentes eletrônicos, além do uso de materiais reaproveitados na construção da maquete. Para demonstrar o funcionamento do sistema,

será utilizado um aquário representando uma região urbana, contendo casas, ruas e elementos construídos com materiais recicláveis.

À medida que o nível da água aumenta, o sensor identifica a aproximação da superfície da água e envia os dados ao ESP32. Dependendo da situação, o sistema ativa três níveis de alerta: verde para condição segura, amarelo para atenção e vermelho para risco iminente de enchente. No nível crítico, LEDs vermelhos piscam e um buzzer emite um sinal sonoro para alertar sobre o perigo.

Dessa forma, o EcoAlerta demonstra como a tecnologia e a sustentabilidade podem trabalhar juntas para criar soluções simples, eficientes e acessíveis para a prevenção de desastres naturais.

2 Problema de Pesquisa

O problema de pesquisa que orienta este projeto é: como desenvolver um sistema sustentável, acessível e de baixo custo capaz de monitorar o aumento do nível da água e alertar comunidades sobre riscos de enchentes antes que ocorram situações de emergência?

As enchentes representam um dos principais desafios enfrentados por comunidades localizadas próximas a rios, córregos e áreas sujeitas a alagamentos. Em muitos casos, os moradores recebem pouco ou nenhum aviso prévio sobre o risco de inundação, reduzindo significativamente o tempo disponível para adoção de medidas preventivas.

Além disso, sistemas profissionais de monitoramento costumam apresentar custos elevados, dificultando sua implementação em regiões com recursos financeiros limitados. Dessa forma, torna-se necessário desenvolver alternativas mais acessíveis, sustentáveis e eficientes que possam contribuir para a redução dos impactos causados pelas enchentes.

3 Justificativa

As enchentes geram consequências significativas para a sociedade, incluindo prejuízos materiais, interrupção de serviços públicos, danos ambientais e riscos à vida humana. Segundo órgãos de defesa civil, grande parte dos danos causados por enchentes poderia ser reduzida caso a população recebesse alertas com antecedência suficiente para se preparar e agir de forma preventiva.

Apesar da importância desses sistemas de alerta, muitas comunidades vulneráveis não possuem acesso a tecnologias de monitoramento devido aos altos custos de instalação e manutenção dos equipamentos tradicionais. Assim, a criação de um protótipo educativo e de baixo custo pode contribuir para aproximar a tecnologia da realidade dessas comunidades.

Diante dessa realidade, o projeto EcoAlerta propõe uma solução utilizando componentes eletrônicos acessíveis, como sensores ultrassônicos, microcontrolador ESP32, LEDs, buzzer e materiais recicláveis. A utilização de garrafas PET como estrutura de proteção para os componentes eletrônicos agrega um importante aspecto sustentável ao projeto, promovendo o reaproveitamento de resíduos plásticos que normalmente seriam descartados no meio ambiente.

Além do impacto tecnológico, o projeto possui caráter educativo, incentivando a conscientização sobre sustentabilidade, prevenção de desastres naturais e utilização responsável da tecnologia para resolução de problemas sociais.

4 Objetivos

4.1 Objetivo Geral

Desenvolver um sistema sustentável de monitoramento e prevenção de enchentes utilizando sensor ultrassônico, microcontrolador ESP32 e materiais recicláveis para detectar o aumento do nível da água e emitir alertas visuais e sonoros em situações de risco.

4.2 Objetivos Específicos

- Monitorar continuamente o nível da água por meio de sensor ultrassônico.
- Desenvolver uma maquete funcional representando uma região urbana sujeita a enchentes.
- Utilizar garrafas PET recicladas como estrutura de proteção para os componentes eletrônicos.
- Implementar um sistema de alerta com LEDs e buzzer.
- Criar diferentes níveis de risco para representar a evolução de uma possível enchente.
- Demonstrar a viabilidade de soluções tecnológicas de baixo custo.
- Promover a conscientização ambiental por meio do reaproveitamento de materiais recicláveis.
- Incentivar o interesse pela eletrônica, programação e sustentabilidade.

5 Referencial Teórico

5.1 Sustentabilidade

A sustentabilidade consiste na utilização consciente dos recursos disponíveis, de forma a atender às necessidades atuais sem comprometer as futuras gerações. No contexto do projeto EcoAlerta, a sustentabilidade está presente por meio da reutilização de garrafas PET e outros materiais recicláveis na construção da maquete e da estrutura de proteção dos sensores.

Essa prática contribui para a redução do descarte inadequado de resíduos plásticos e incentiva a adoção de soluções ambientalmente responsáveis. Além disso, o uso de materiais reaproveitados torna o projeto mais acessível e favorece sua reprodução em ambientes educacionais.

5.2 Prevenção de Enchentes

A prevenção de enchentes envolve um conjunto de ações destinadas a reduzir os impactos causados pelo aumento excessivo do nível da água. Uma das estratégias mais eficientes consiste na utilização de sistemas de monitoramento capazes de identificar alterações no nível da água e emitir alertas antecipados para a população.

Esses sistemas permitem que medidas preventivas sejam tomadas antes que a situação atinja níveis críticos. Mesmo em escala de protótipo, projetos como o EcoAlerta ajudam a demonstrar a importância da observação contínua, da resposta rápida e do planejamento comunitário diante de riscos ambientais.

5.3 Sensores Ultrassônicos

Sensores ultrassônicos são dispositivos eletrônicos capazes de medir distâncias por meio da emissão e recepção de ondas sonoras de alta frequência. No projeto EcoAlerta, o sensor HC-SR04 será utilizado para medir a distância entre o sensor e a superfície da água.

À medida que o nível da água aumenta, a distância medida diminui, permitindo que o sistema identifique diferentes estágios de risco. Essa leitura pode ser convertida em níveis de alerta, possibilitando uma resposta visual e sonora por meio dos componentes conectados ao ESP32.

5.4 ESP32

O ESP32 é um microcontrolador amplamente utilizado em projetos de automação, robótica educacional e Internet das Coisas. Sua principal função no EcoAlerta será processar os dados recebidos pelo sensor ultrassônico e controlar os dispositivos de alerta, como LEDs e buzzer.

Além disso, o ESP32 apresenta baixo custo, baixo consumo de energia e facilidade de programação. Essas características tornam o componente adequado para projetos educacionais e protótipos de soluções tecnológicas acessíveis.

6 Arquitetura da Solução

O sistema EcoAlerta será composto por cinco módulos principais, responsáveis por simular o ambiente, captar os dados, processar as informações, emitir os alertas e garantir o aspecto sustentável da proposta.

7 Funcionamento do Sistema

O funcionamento do EcoAlerta baseia-se na medição contínua da distância entre o sensor ultrassônico e a superfície da água. Quando o nível da água está baixo, a distância medida é maior e o

Tabela 1: Módulos do sistema EcoAlerta

Módulo	Descrição
Ambiente simulado	Aquário contendo água e uma maquete urbana com casas, ruas e elementos reaproveitados.
Sensor de monitoramento	Sensor ultrassônico HC-SR04 instalado na parte superior do aquário para medir a distância até a superfície da água.
Processamento	ESP32 responsável pela leitura dos dados do sensor e pela tomada de decisão conforme os níveis de risco.
Sistema de alertas	LEDs verde, amarelo e vermelho, além de buzzer sonoro para indicar situações de segurança, atenção e emergência.
Estrutura sustentável	Proteção dos componentes eletrônicos utilizando garrafas PET recicladas e materiais reaproveitados.

Fonte: documento original do projeto; dados e natureza das afirmações mantidos.

sistema indica condição segura. Quando a água sobe, a distância diminui, permitindo que o ESP32 identifique níveis progressivos de risco.

Tabela 2: Níveis de alerta do EcoAlerta

Nível	Sinalização	Interpretação
Seguro	LED verde aceso	A água encontra-se dentro dos padrões normais e nenhum risco é identificado.
Atenção	LED amarelo aceso	Indica aumento do nível da água e necessidade de monitoramento reforçado.
Emergência	LED vermelho piscando e buzzer acionado	Indica risco iminente de enchente e necessidade de adoção de medidas preventivas.

Fonte: documento original do projeto; dados e natureza das afirmações mantidos.

No nível seguro, o LED verde permanece aceso, representando que a água está dentro de uma faixa considerada normal. No nível de atenção, o LED amarelo é acionado para indicar que houve aumento do nível da água. No nível de emergência, o LED vermelho pisca e o buzzer emite sinal sonoro, alertando para o risco iminente de enchente.

8 Metodologia

A metodologia do projeto será organizada em etapas sequenciais, desde a pesquisa inicial até a preparação da apresentação. Inicialmente, será realizada uma pesquisa bibliográfica sobre enchentes, sustentabilidade, sensores ultrassônicos e uso de tecnologias acessíveis em protótipos educacionais.

Em seguida, será feito o planejamento da maquete, definindo a organização do aquário, a posição do sensor, a localização dos elementos urbanos e a forma de proteção dos componentes eletrônicos. Após essa etapa, ocorrerá a montagem do aquário e dos elementos urbanos, utilizando materiais recicláveis e reaproveitados.

Na sequência, serão instalados o sensor ultrassônico HC-SR04 e o microcontrolador ESP32. O sistema será programado para realizar leituras contínuas do nível da água e acionar os alertas de acordo com os limites definidos para cada nível de risco. Depois da programação, serão realizados testes simulando diferentes níveis de água no aquário.

Por fim, será preparada a apresentação para a FECART, demonstrando o funcionamento do protótipo, os conceitos de sustentabilidade envolvidos e a importância da prevenção de enchentes.

9 Demonstração Interativa

Durante a apresentação, os visitantes poderão observar o funcionamento do sistema em tempo real. A água do aquário será elevada gradualmente para demonstrar os diferentes níveis de alerta.

- Verde:situação normal, com nível de água seguro.
- Amarelo:situação de atenção, indicando elevação do nível da água.
- Vermelho:risco de enchente, com LED vermelho piscando e buzzer acionado.

O acionamento dos LEDs e do buzzer permitirá visualizar claramente a resposta do sistema. A proposta também permitirá explicar ao público como o sensor ultrassônico mede a distância, como o ESP32 interpreta os dados e como materiais recicláveis podem ser integrados à construção de soluções tecnológicas.

10 Critérios de Validação

Para verificar se o projeto atende aos objetivos propostos, serão utilizados critérios de validação relacionados ao funcionamento técnico, à resposta dos alertas e à estabilidade da demonstração. O sistema será considerado satisfatório se:

- o sensor detectar corretamente o aumento do nível da água;
- os LEDs responderem adequadamente aos níveis programados;
- o buzzer for acionado no nível crítico;
- o sistema apresentar resposta rápida às mudanças no nível da água;
- a demonstração ocorrer sem falhas durante a apresentação;
- a estrutura sustentável proteger adequadamente os componentes eletrônicos durante a simulação.

11 Aspectos Éticos

O projeto não coleta dados pessoais nem realiza monitoramento de indivíduos. Sua finalidade é exclusivamente educativa e preventiva, voltada à demonstração de uma possível solução tecnológica para monitoramento do nível da água.

Todas as decisões relacionadas à evacuação, isolamento de áreas e ações emergenciais continuam sob responsabilidade humana e de órgãos competentes. Assim, o EcoAlerta deve ser compreendido como um protótipo de apoio à conscientização e não como substituto de sistemas oficiais de defesa civil.

12 Resultados Esperados

Espera-se demonstrar que tecnologias simples e acessíveis podem auxiliar na prevenção de enchentes e na conscientização ambiental. O projeto também busca incentivar a reciclagem, popularizar a eletrônica educacional e divulgar soluções sustentáveis que possam ser adaptadas a diferentes contextos.

Entre os principais resultados esperados, destacam-se:

- demonstração funcional de um sistema de alerta para enchentes;
- maior conscientização ambiental entre os participantes e visitantes;
- incentivo ao reaproveitamento de materiais recicláveis;
- popularização de conceitos de eletrônica, programação e sustentabilidade;
- divulgação de soluções sustentáveis e de baixo custo;
- desenvolvimento de protótipos replicáveis em comunidades vulneráveis ou ambientes escolares.

13 Limitações do Projeto

O EcoAlerta consiste em um protótipo educacional desenvolvido para demonstração em ambiente controlado. O sistema será validado em uma maquete e não em rios, córregos ou áreas reais de enchente.

Fatores climáticos, correntes de água, acúmulo de detritos, interferências ambientais, variações de energia e condições reais de instalação não serão reproduzidos integralmente durante os testes. Portanto, para aplicação em escala real, seria necessário realizar adaptações, calibrações, testes de campo e avaliação por profissionais especializados.

14 Conclusão

O EcoAlerta demonstra que a combinação entre sustentabilidade, eletrônica e conscientização ambiental pode resultar em soluções eficazes para problemas urbanos relevantes. Por meio da utilização de sensor ultrassônico, ESP32, materiais recicláveis e um sistema de alertas visuais e sonoros, o projeto apresenta uma alternativa acessível para o monitoramento do nível da água e prevenção de enchentes.

Além de seu potencial tecnológico, a proposta promove educação ambiental, reutilização de resíduos e incentivo à inovação, mostrando que soluções simples podem gerar impactos significativos na proteção das comunidades e na construção de cidades mais resilientes e sustentáveis.

Embora o protótipo seja desenvolvido em ambiente controlado, sua estrutura demonstra a viabilidade de projetos educativos voltados à prevenção de desastres naturais. Dessa forma, o EcoAlerta contribui para aproximar ciência, tecnologia e responsabilidade ambiental da realidade escolar e comunitária.

Referências

[1]BRASIL.Defesa Civil: ações de prevenção e resposta a desastres. Brasília: Governo Federal, s.d.

[2]BRUNDTLAND, G. H.Nosso futuro comum. Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas, 1991.

[3]ESPRESSIF SYSTEMS.ESP32 Series Datasheet. Espressif Systems, s.d.

[4]ELECFREAKS.HC-SR04 Ultrasonic Ranging Module Datasheet. Elecfreaks, s.d.

LEITURAS COMPLEMENTARES INDICADAS PELA EDIÇÃO

EcoAlerta

As indicações abaixo foram localizadas em fontes primárias e se relacionam ao tema do projeto. Não são atribuídas como bibliografia utilizada pelos estudantes. Outras indicações herdadas da curadoria, ainda não verificadas, constam apenas do quadro separado; a pertinência e a eventual incorporação ao argumento exigem validação dos autores. Não constituem certificação dos resultados do projeto.

NEVO, Sella; MORIN, Efrat; GERZI ROSENTHAL, Adi *et al.* Flood Forecasting with Machine Learning Models in an Operational Framework. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 26, n. 15, p. 4013–4032, 2022. DOI: 10.5194/hess-26-4013-2022.

R07

ARTIGO / PROJETO

RESILIÊNCIA, CLIMA E ENERGIA

Aplicação de Inteligência Artificial para Otimização da Instalação de Pisos Piezoelétricos no Brasil

Carlos Eduardo de Oliveira Lima, Kenzo Arita Fugimoto e Lorenzo Beltrami Scorza

DESTAQUE EDITORIAL

Inspirada em experiências japonesas, a proposta usa dados de circulação para localizar pisos que convertem pressão dos passos em energia elétrica.

DESCRITORES

piezoeletricidade; fluxo de pedestres; energia; localização; sustentabilidade

Identificação nesta versão: Carlos Eduardo de Oliveira Lima, Kenzo Arita Fugimoto e Lorenzo Beltrami Scorza. *Aplicação de Inteligência Artificial para Otimização da Instalação de Pisos Piezoelétricos no Brasil*. In: *Conexões Colégio FECAP: Smart City*. Versão para avaliação institucional, 2026, p. 66–71.

Síntese de leitura elaborada pela edição a partir do documento disponível. Funcionalidades descritas não são, por si, evidência de implementação ou desempenho validado. A autoria segue a relação fornecida; conferências e divergências constam do controle separado.

TRABALHO DISCENTE

Aplicação de Inteligência Artificial para Otimização da Instalação de Pisos Piezoelétricos no Brasil

Carlos Eduardo de Oliveira Lima, Kenzo Arita Fugimoto e Lorenzo Beltrami Scorza

Curso técnico de Inteligência Artificial, Colégio FECAP, São Paulo, Brasil

Nota editorial sobre a natureza do trabalho. Proposta de otimização da instalação de pisos piezoelétricos; potencial energético e viabilidade não equivalem a medições locais. As afirmações científicas permanecem sob responsabilidade dos autores; validações e pendências específicas constam do controle separado.

Resumo

Este artigo apresenta uma proposta de aplicação de pisos piezoelétricos em espaços urbanos brasileiros, tomando como inspiração experiências tecnológicas associadas à mobilidade urbana e à eficiência energética no Japão. A piezoeletricidade é um fenômeno físico no qual determinados materiais geram cargas elétricas quando sofrem pressão ou deformação mecânica. Em pisos especiais, esse princípio pode ser utilizado para converter parte da energia dos passos humanos em eletricidade, ainda que em pequena escala individual. Em locais de grande circulação, como estações de metrô, terminais de ônibus, escolas, universidades e centros comerciais, a soma de milhares de passos pode produzir energia útil para aplicações de baixa potência, como iluminação LED, sensores urbanos e painéis informativos. O diferencial do projeto é propor o uso de inteligência artificial, especialmente visão computacional, para analisar imagens de ambientes urbanos, identificar regiões com maior fluxo de pessoas e recomendar os pontos mais eficientes para instalação dos pisos. Assim, a proposta busca adaptar uma solução inspirada em experiências japonesas à realidade brasileira, reduzindo desperdícios financeiros e aumentando a viabilidade de implantação em cidades inteligentes.

Palavras-chave: piezoeletricidade; inteligência artificial; visão computacional; cidades inteligentes; sustentabilidade urbana.

1 Introdução

A demanda mundial por energia cresce continuamente em razão do aumento populacional, da urbanização e da dependência de tecnologias digitais. Ao mesmo tempo, os impactos ambientais associados ao uso de combustíveis fósseis tornam necessária a busca por fontes renováveis, limpas e complementares. Nesse contexto, soluções sustentáveis não se limitam apenas a grandes usinas solares, eólicas ou hidrelétricas; elas também podem surgir em pequenas aplicações distribuídas no espaço urbano, capazes de aproveitar energias que normalmente seriam desperdiçadas.

As chamadas cidades inteligentes, ousmart cities, utilizam tecnologia, sensores, dados e automação para melhorar a qualidade de vida, otimizar recursos públicos e tornar os serviços urbanos mais eficientes. Dentro dessa lógica, o movimento humano pode ser interpretado como uma fonte de energia mecânica disponível em ambientes de grande circulação. Passos em calçadas, estações ferroviárias, corredores escolares, aeroportos e centros comerciais produzem pressão sobre o solo. Embora essa pressão seja geralmente dissipada como vibração ou calor, materiais piezoelétricos podem converter parte dela em energia elétrica.

O Japão foi escolhido como referência tecnológica por sua reconhecida capacidade de inovação, por sua alta densidade urbana e por seus sistemas de transporte extremamente eficientes. Em cidades japonesas, milhões de pessoas circulam diariamente por estações ferroviárias, metrôs e áreas comerciais, criando condições favoráveis para experimentos de reaproveitamento energético. A cultura japonesa de otimização de espaço, eficiência e integração entre tecnologia e mobilidade urbana inspira a proposta de adaptar pisos piezoelétricos ao Brasil, especialmente em locais de intenso fluxo de pessoas.

O problema de pesquisa que orienta este artigo é:como a inteligência artificial pode auxiliar na escolha eficiente de locais para implementação de pisos piezoelétricos no Brasil?A hipótese proposta é que a utilização de inteligência artificial para analisar o fluxo de pessoas pode aumentar significativamente a eficiência da implementação de pisos piezoelétricos, reduzindo desperdícios financeiros e maximizando a produção energética em pontos realmente estratégicos.

2 Fundamentação Teórica

2.1 Piezoeletricidade e conversão de energia

A piezoeletricidade é o fenômeno pelo qual certos materiais produzem cargas elétricas quando submetidos a pressão, compressão, vibração ou deformação mecânica. O termo deriva do gregopiezein, que significa pressionar. O efeito piezoelétrico direto ocorre quando uma força aplicada ao material provoca separação de cargas elétricas em sua estrutura interna, gerando uma diferença de potencial. Existe também o efeito piezoelétrico inverso, no qual a aplicação de tensão elétrica provoca deformação mecânica no material.

Materiais piezoelétricos podem ser naturais ou sintéticos. Entre os exemplos mais conhecidos estão o quartzo, a turmalina, certos cristais cerâmicos, polímeros piezoelétricos e cerâmicas como o titanato zirconato de chumbo, frequentemente chamado de PZT. Em termos simplificados, esses materiais possuem uma estrutura interna na qual os centros de carga positiva e negativa podem se deslocar quando há deformação. Esse deslocamento cria uma polarização elétrica, que pode ser captada por eletrodos e conduzida por circuitos.

No caso de um piso piezoelétrico, a energia mecânica dos passos é convertida em energia elétrica. A eficiência dessa conversão depende de fatores como tipo de material, intensidade da força aplicada, frequência dos passos, projeto mecânico da placa, circuito de captação e sistema de armazenamento. Estudos sobre colheita de energia, ouenergy harvesting, indicam que a geração por passo tende a ser pequena, mas pode se tornar relevante quando aplicada em locais com grande fluxo de pessoas [1, 2].

2.2 Funcionamento mecânico do piso piezoelétrico

O funcionamento do piso piezoelétrico pode ser compreendido em seis etapas principais:

Passo 1:Uma pessoa pisa sobre uma placa instalada no piso.

Passo 2:A pressão exercida pelo peso do corpo provoca uma pequena deformação mecânica nos cristais ou componentes piezoelétricos localizados sob a superfície. Passo 3:Essa deformação altera a distribuição interna de cargas elétricas do material, gerando uma diferença de potencial.

Passo 4:A energia gerada é conduzida por circuitos elétricos, que retificam e regulam a corrente produzida.

Passo 5:A energia é armazenada em baterias, supercapacitores ou outro sistema de acumulação adequado. Passo 6:A energia acumulada pode alimentar dispositivos urbanos de baixo consumo, como iluminação LED, sensores ambientais, placas digitais, carregadores públicos de baixa potência e sensores de trânsito.

É importante destacar que um único passo não produz grande quantidade de eletricidade. Portanto, a tecnologia não deve ser apresentada como substituta de usinas convencionais ou de grandes sistemas renováveis. Seu valor está na aplicação complementar, educativa e urbana. Em locais com milhares de pessoas circulando diariamente,

a geração acumulada pode ser aproveitada para pequenas estruturas, além de incentivar a conscientização sobre sustentabilidade e inovação.

3 O Projeto no Japão como Inspiração Tecnológica

O Japão possui características que tornam o país uma referência para estudos sobre mobilidade urbana e eficiência energética. Grandes cidades japonesas, como Tóquio, Osaka e Yokohama, concentram estações ferroviárias de altíssimo movimento, sistemas de metrô integrados, circulação intensa de pedestres e forte investimento em tecnologia. Essa combinação favorece a criação de experimentos voltados à economia de energia, à automação e ao uso inteligente do espaço urbano.

Experiências envolvendo pisos piezoelétricos e tecnologias semelhantes já foram associadas a estações ferroviárias, metrôs e áreas urbanas de grande circulação. A lógica desses experimentos é simples: onde há fluxo constante de pessoas, há também repetição de pressão mecânica sobre o solo. Em vez de permitir que essa energia seja totalmente dissipada, o piso piezoelétrico tenta capturar uma pequena parcela desse movimento para alimentar dispositivos de baixa potência.

Além disso, o Japão é conhecido por sistemas ferroviários extremamente eficientes, pontualidade, alta capacidade de transporte e preocupação com otimização de espaço. A densidade populacional de suas áreas urbanas exige soluções criativas para reduzir desperdícios e melhorar a eficiência da infraestrutura. Curiosidades como estações com circulação diária de centenas de milhares de passageiros, máquinas automáticas distribuídas em grande escala e uso avançado de sensores mostram como o país integra tecnologia ao cotidiano.

Para o presente projeto, o Japão não é entendido como um modelo a ser copiado integralmente, mas como uma inspiração tecnológica. O Brasil possui características urbanas, econômicas e sociais diferentes. Por isso, a proposta central é adaptar o conceito à realidade brasileira, utilizando inteligência artificial para evitar instalações aleatórias e selecionar apenas locais com maior potencial de retorno energético e educacional.

4 Aplicação da Inteligência Artificial no Projeto

O diferencial desta proposta é a utilização de inteligência artificial para indicar os melhores locais de instalação dos pisos piezoelétricos. A IA não é descrita como uma tecnologia futurista ou inacessível, mas como um conjunto de técnicas já utilizadas em áreas como segurança, mobilidade, comércio, transporte e monitoramento urbano. A visão computacional, em especial, permite que computadores interpretem imagens e vídeos para reconhecer padrões, movimentos e objetos.

4.1 Etapa 1: captação de imagem

Inicialmente, uma câmera seria instalada em um ambiente urbano para registrar imagens ou vídeos do fluxo de pessoas. Essa câmera poderia ser posicionada em estações de metrô, terminais de ônibus, calçadas movimentadas, shopping centers, entradas de escolas, praças públicas, universidades ou estádios. A finalidade não seria identificar pessoas individualmente, mas medir a movimentação coletiva em uma determinada área.

Por razões éticas e legais, o sistema deveria priorizar privacidade. Em uma aplicação real, seria recomendável processar as imagens de forma anônima, evitar reconhecimento facial, armazenar apenas dados estatísticos e respeitar normas de proteção de dados pessoais.

4.2 Etapa 2: visão computacional

Na segunda etapa, a inteligência artificial utilizaria visão computacional para detectar movimento humano. O sistema poderia contar a quantidade de pessoas que passam por determinado ponto, registrar a frequência de circulação, identificar horários de pico e estimar a intensidade do fluxo. Algoritmos de detecção de objetos e rastreamento de movimento já são amplamente estudados e podem ser adaptados para esse tipo de aplicação [3, 4].

Em uma versão escolar demonstrativa, não seria necessário desenvolver um sistema complexo de reconhecimento. Uma câmera simples poderia captar movimento em uma área dividida em setores, e o programa poderia registrar onde ocorre maior variação de pixels ou maior concentração de deslocamentos. Essa abordagem seria suficiente para demonstrar o conceito de decisão baseada em dados.

4.3 Etapa 3: análise de regiões

A área observada pela câmera seria dividida em setores, como Setor A, Setor B e Setor C. Cada setor corresponderia a uma parte do espaço físico monitorado. Durante um período de observação, a IA registraria quantas pessoas passam por cada região e em quais horários há maior concentração de movimento.

Após a coleta, o sistema geraria um mapa de movimentação, também chamado de mapa de calor ou heatmap. Nesse tipo de visualização, regiões em vermelho representam alto fluxo de pessoas, regiões em amarelo indicam fluxo médio e regiões em verde indicam baixo fluxo. O mapa de calor torna a informação mais compreensível, pois transforma dados numéricos em uma representação visual simples.

4.4 Etapa 4: tomada de decisão

Na etapa final, a IA compararia os setores analisados e calcularia quais áreas possuem maior potencial energético. Os critérios avaliados poderiam incluir quantidade de pessoas, intensidade do fluxo, frequência de circulação, horários de maior movimento e regularidade do uso do espaço. Ao final, o sistema apresentaria uma recomendação como: “esta região apresenta maior viabilidade para instalação de pisos piezoelétricos”.

Essa tomada de decisão é fundamental porque pisos piezoelétricos possuem custo de fabricação, instalação e manutenção. Se forem colocados em locais com baixo fluxo, a geração energética será muito pequena e o investimento poderá não ser compensado. A IA, portanto, atua como ferramenta de planejamento urbano, reduzindo desperdícios e direcionando os recursos para pontos com maior probabilidade de eficiência.

5 Funcionamento do Projeto no Brasil

O Brasil possui grandes centros urbanos com intenso deslocamento diário de pessoas. Cidades como São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Brasília, Curitiba, Recife, Salvador e Porto Alegre concentram estações de metrô, terminais urbanos, aeroportos, escolas públicas, universidades, estádios e centros comerciais com grande circulação. Esses ambientes seriam candidatos naturais para estudos de viabilidade de pisos piezoelétricos.

Em São Paulo, por exemplo, estações de metrô e trem recebem grande fluxo de passageiros em horários de pico. Em escolas e universidades, corredores, entradas e pátios concentram movimentação em intervalos e mudanças de aula. Em aeroportos e estádios, há períodos de circulação intensa. A proposta não exige que todos esses locais recebam pisos piezoelétricos, mas que a IA analise cada ambiente e indique onde a instalação faria mais sentido.

As vantagens do projeto incluem geração de energia sustentável em pequena escala, redução de desperdício energético, incentivo à inovação, fortalecimento do conceito de cidades inteligentes, educação tecnológica e valorização da sustentabilidade urbana. Além disso, a instalação em escolas ou espaços públicos poderia ter função pedagógica, demonstrando aos estudantes como conceitos de física, engenharia e computação podem ser aplicados a problemas reais.

Entretanto, existem dificuldades concretas. O custo inicial dos pisos piezoelétricos pode ser elevado; os componentes precisam resistir ao desgaste de milhares de passos; a manutenção deve ser planejada; a infraestrutura urbana pode não estar preparada; e projetos públicos dependem de investimento, licitação e gestão eficiente. Também é necessário avaliar se a energia gerada compensa economicamente a instalação, considerando vida útil, manutenção e finalidade de uso.

Nesse ponto, a inteligência artificial torna o projeto mais viável para o Brasil. Ao selecionar apenas regiões realmente movimentadas, a IA otimiza os custos de implementação e evita a instalação em locais pouco eficientes.

Dessa forma, a tecnologia deixa de ser apenas uma ideia experimental e passa a ser parte de um processo racional de planejamento, baseado em dados de circulação urbana.

6 Metodologia

O projeto foi desenvolvido como uma pesquisa exploratória e tecnológica. A pesquisa exploratória busca compreender um tema ainda em desenvolvimento, investigar possibilidades de aplicação e levantar hipóteses para estudos futuros. A dimensão tecnológica aparece na proposta de integrar piezoeletricidade, inteligência artificial e análise urbana em um sistema aplicado.

As principais etapas metodológicas foram:

- pesquisa bibliográfica sobre piezoeletricidade, colheita de energia e materiais piezoelétricos;
- estudo de aplicações internacionais relacionadas a pisos inteligentes e reaproveitamento energético;
- análise do Japão como referência tecnológica em mobilidade urbana e eficiência energética;
- estudo introdutório de inteligência artificial, visão computacional e mapas de calor;
- elaboração de uma proposta de adaptação ao cenário brasileiro, considerando vantagens, limitações e viabilidade.

Para uma demonstração prática em mostra cultural, propõe-se a construção de um protótipo conceitual composto por uma câmera, um sistema simples de detecção de movimento e uma tela de visualização. O espaço observado seria dividido em setores. Conforme pessoas simulassem deslocamentos diante da câmera, o sistema registraria a movimentação em cada setor e exibiria uma representação visual das áreas mais movimentadas. Ao final, o programa indicaria qual setor teria maior potencial para receber pisos piezoelétricos.

Essa demonstração não precisa gerar energia real em grande escala. Seu objetivo é apresentar o raciocínio científico do projeto: coletar dados, analisar padrões de movimento, produzir um mapa de calor e tomar uma decisão técnica. Se possível, uma pequena placa piezoelétrica poderia ser usada apenas para demonstrar o princípio físico da geração de tensão por pressão.

7 Resultados Esperados

Os resultados esperados do projeto envolvem tanto aspectos energéticos quanto educacionais e urbanos. Em primeiro lugar, espera-se demonstrar que a escolha adequada do local é essencial para o aproveitamento energético de pisos piezoelétricos. A mesma placa instalada em uma região pouco movimentada produziria menos energia do que em uma área de passagem intensa. Portanto, a análise por IA tende a aumentar a eficiência do sistema.

Também se espera reduzir desperdícios financeiros, pois a instalação seria direcionada aos pontos com maior fluxo de pessoas. Em vez de adotar uma implantação aleatória, o projeto propõe decisões baseadas em dados. Isso aproxima a proposta de práticas reais de engenharia, nas quais custo, benefício, manutenção e desempenho precisam ser avaliados antes da execução.

Outro resultado esperado é incentivar a sustentabilidade urbana e a educação tecnológica. O projeto permite integrar conteúdos de física, como energia mecânica e eletricidade; de matemática, como análise de dados; de computação, como inteligência artificial; e de geografia urbana, como mobilidade e planejamento das cidades. Assim, a proposta possui valor interdisciplinar e pode estimular estudantes a compreenderem problemas ambientais e tecnológicos de forma prática.

8 Discussão

A união entre piezoeletricidade e inteligência artificial apresenta potencial inovador, mas deve ser analisada de maneira realista. A energia produzida por passos humanos é limitada e dificilmente teria capacidade de abastecer grandes estruturas. No entanto, ela pode contribuir para aplicações específicas de baixa potência, especialmente quando associada a locais de fluxo intenso e a sistemas eficientes de armazenamento.

O ponto mais importante do projeto não é afirmar que pisos piezoelétricos resolveriam o problema energético brasileiro, mas mostrar que tecnologias sustentáveis podem ser planejadas de forma inteligente. A IA amplia a viabilidade da proposta ao responder uma pergunta central: onde a instalação realmente vale a pena? Essa pergunta é essencial porque o sucesso de uma tecnologia urbana depende não apenas de seu funcionamento físico, mas também de sua localização, custo, manutenção e integração ao ambiente.

Além disso, o projeto contribui para a formação científica dos estudantes ao aproximar conceitos teóricos de uma aplicação concreta. A piezoeletricidade mostra a relação entre força mecânica e eletricidade; a visão computacional mostra como dados visuais podem ser interpretados por algoritmos; e o urbanismo inteligente mostra como decisões públicas podem ser orientadas por evidências.

9 Conclusão

Conclui-se que a integração entre pisos piezoelétricos e inteligência artificial pode representar uma solução inovadora, educativa e tecnicamente plausível para o desenvolvimento de cidades inteligentes. A piezoeletricidade permite converter parte da pressão dos passos humanos em eletricidade, enquanto a IA possibilita identificar os locais mais adequados para instalação, aumentando a eficiência e reduzindo desperdícios.

O Japão funciona como inspiração tecnológica por sua tradição em inovação, mobilidade urbana eficiente e busca por soluções sustentáveis em espaços densamente ocupados. Entretanto, a proposta apresentada não depende de copiar diretamente o modelo japonês. Seu objetivo é adaptar o conceito à realidade brasileira, considerando centros urbanos movimentados, limitações de investimento, necessidade de manutenção e importância da tomada de decisão baseada em dados.

O diferencial do projeto está justamente na análise inteligente do espaço urbano. Ao utilizar câmeras, visão computacional, divisão em setores e mapas de calor, a IA pode recomendar os pontos de maior viabilidade para instalação de pisos piezoelétricos. Dessa forma, o projeto combina sustentabilidade, física aplicada, computação e planejamento urbano, apresentando uma proposta adequada para uma mostra cultural do ensino médio e com potencial para estudos futuros mais aprofundados.

Referências

[1] ANTON, S. R.; SODANO, H. A. A review of power harvesting using piezoelectric materials (2003–2006).Smart Materials and Structures, v. 16, n. 3, p. R1–R21, 2007.

[2] KHALIGH, A.; ZENG, P.; ZHENG, C. Kinetic energy harvesting using piezoelectric and electromagnetic technologies—state of the art.IEEE Transactions on Industrial Electronics, v. 57, n. 3, p. 850–860, 2010.

[3] LECUN, Y.; BENGIO, Y.; HINTON, G. Deep learning.Nature, v. 521, p. 436–444, 2015.

[4] REDMON, J.; DIVVALA, S.; GIRSHICK, R.; FARHADI, A. You only look once: unified, realtime object detection. In:Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2016. p. 779–788.

[5] GIFFINGER, R. et al.Smart cities: ranking of European medium-sized cities. Vienna: Centre of Regional Science, Vienna University of Technology, 2007.

[6] CARAGLIU, A.; DEL BO, C.; NIJKAMP, P. Smart cities in Europe.Journal of Urban Technology, v. 18, n. 2, p. 65–82, 2011.

R08

ARTIGO / PROJETO

RESILIÊNCIA, CLIMA E ENERGIA

SmartEvac: Simulador de Evacuação Urbana Baseado em Inteligência Artificial para Cidades Inteligentes

Pedro Souza Oliveira, Angelo Hugo Olivares Bassi e Gabriel Mourisco

DESTAQUE EDITORIAL

O algoritmo A* encontra rotas de fuga em cenários configuráveis e permite comparar o planejamento assistido por IA com decisões manuais de evacuação.

DESCRITORES

evacuação; A*; crises; rotas; simulação urbana

Identificação nesta versão: Pedro Souza Oliveira, Angelo Hugo Olivares Bassi e Gabriel Mourisco. *SmartEvac: Simulador de Evacuação Urbana Baseado em Inteligência Artificial para Cidades Inteligentes*. In: *Conexões Colégio FECAP: Smart City*. Versão para avaliação institucional, 2026, p. 73–80.

Síntese de leitura elaborada pela edição a partir do documento disponível. Funcionalidades descritas não são, por si, evidência de implementação ou desempenho validado. A autoria segue a relação fornecida; conferências e divergências constam do controle separado.

TRABALHO DISCENTE

SmartEvac: Simulador de Evacuação Urbana Baseado em Inteligência Artificial para Cidades Inteligentes

Pedro Souza Oliveira, Angelo Hugo Olivares Bassi e Gabriel Mourisco

Curso técnico de Inteligência Artificial, Colégio FECAP, São Paulo, Brasil

Nota editorial sobre a natureza do trabalho. Simulador de evacuação descrito pelos autores. Resultados de simulação e expectativas de aplicação devem permanecer distintos de ensaios com população real. As afirmações científicas permanecem sob responsabilidade dos autores; validações e pendências específicas constam do controle separado.

Resumo

O crescimento acelerado das cidades e a intensificação de eventos de risco — incêndios, enchentes e acidentes industriais — impõem novos desafios ao planejamento de emergências urbanas. O presente artigo propõe o SmartEvac, um simulador interativo de evacuação urbana baseado em algoritmos de Inteligência Artificial (IA), desenvolvido no contexto do projeto Smart City para feira de ciências do ensino médio. O sistema emprega o algoritmo de busca A* para otimização de rotas de fuga, permitindo ao usuário configurar variáveis de cenário — tipo de desastre e densidade populacional — e visualizar em tempo real o processo de decisão da IA em comparação ao planejamento manual. A arquitetura da solução é descrita em três camadas: dados, processamento e visualização. São apresentados ainda critérios de validação funcional e diretrizes de governança para uso responsável da tecnologia. Entre os resultados esperados está a redução no tempo médio de evacuação e maior equidade na distribuição de fluxo pelas rotas disponíveis, demonstrando o potencial da IA como ferramenta de suporte à gestão de crises em cidades inteligentes.

Palavras-chave: Inteligência Artificial. Evacuação urbana. Cidades inteligentes. Algoritmo A*. Simulação computacional.

Abstract

The rapid growth of cities and the increasing frequency of risk events — fires, floods, and industrial accidents — pose new challenges to urban emergency planning. This paper proposes SmartEvac, an interactive urban evacuation simulator based on Artificial Intelligence (AI) algorithms, developed as a Smart City science fair project at the high school level. The system applies the A* search algorithm to optimize escape routes, enabling users to configure scenario variables — disaster type, population density, and time of day — and to visualize, in real time, the AI decision-making process in comparison with manual planning. The solution architecture is described across three layers: data, processing, and visualization. Functional validation criteria and governance guidelines for responsible technology use are also presented.

Expected outcomes include a reduction in average evacuation time and more equitable distribution of pedestrian flow across available routes, demonstrating AI's potential as a crisis management support tool in smart cities.

Keywords: Artificial Intelligence. Urban evacuation. Smart cities. A* algorithm. Computer simulation.

1 Introdução

O processo de urbanização acelerada observado nas últimas décadas transformou as cidades em sistemas complexos e interdependentes, nos quais a ocorrência de eventos de emergência — incêndios de grande porte, inundações repentinas, desastres industriais ou ataques terroristas — pode gerar consequências devastadoras para a população. Nesse contexto, o conceito de Smart City emerge como uma abordagem que integra tecnologia, dados e governança para tornar os centros urbanos mais seguros, eficientes e resilientes.

Dentre os desafios enfrentados pelas cidades inteligentes, o planejamento de evacuação urbana ocupa posição de destaque. A evacuação eficaz de uma área requer a coordenação de múltiplas variáveis simultâneas: localização e extensão do perigo, capacidade viária das rotas disponíveis, densidade e mobilidade da população afetada, disponibilidade de pontos de abrigo e tempo de resposta das equipes de socorro. A complexidade combinatória dessas variáveis supera a capacidade de processamento humano em situações de pressão temporal extrema, tornando os algoritmos de Inteligência Artificial (IA) ferramentas potencialmente transformadoras nesse domínio.

O presente artigo apresenta a proposta do SmartEvac, um simulador interativo de evacuação urbana desenvolvido como projeto da FECART, com foco no tema Smart City. O SmartEvac utiliza o algoritmo de busca A* para calcular e otimizar rotas de fuga em tempo real, apresentando ao público visitante uma interface visual interativa que demonstra, de forma concreta e acessível, de que maneira a IA pode contribuir para salvar vidas em situações de emergência.

O objetivo central do projeto é duplo: do ponto de vista técnico, demonstrar a aplicabilidade de algoritmos de IA ao problema de roteamento de evacuação; do ponto de vista educacional e comunicativo, engajar o público leigo em uma reflexão crítica sobre o papel da tecnologia na gestão de crises urbanas. Para tanto, o simulador permite que o visitante compare os resultados de uma evacuação conduzida com suporte de IA frente a uma conduzida sem esse recurso, tornando tangível o impacto da tecnologia.

As seções seguintes apresentam a fundamentação teórica que embasa o projeto (Seção

2), a definição metodológica adotada (Seção 3), a arquitetura da solução proposta (Seção 4), os critérios de validação estabelecidos (Seção 5), as diretrizes de governança para uso responsável da tecnologia (Seção 6) e as conclusões do trabalho (Seção 7).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Cidades Inteligentes e Gestão de Emergências

O conceito de cidade inteligente (Smart City) refere-se a ambientes urbanos que utilizam tecnologias de informação e comunicação (TIC) de forma integrada para otimizar serviços, infraestrutura e qualidade de vida. Um dos pilares fundamentais desse modelo é a resiliência urbana — entendida como a capacidade de uma cidade de antecipar, absorver, adaptar-se e recuperar-se de eventos adversos, sejam eles naturais ou provocados pela ação humana.

A gestão de emergências em Smart Cities pressupõe a existência de sistemas capazes de processar grandes volumes de dados em tempo real, identificar padrões de risco e gerar recomendações de ação em janelas temporais extremamente curtas. Sistemas de monitoramento baseados em sensores IoT (Internet of Things), câmeras de vigilância com análise de vídeo por IA e plataformas de comando integrado compõem o ecossistema tecnológico que viabiliza essa abordagem.

2.2 Inteligência Artificial Aplicada ao Roteamento

A Inteligência Artificial, em seu sentido amplo, designa o campo da ciência da computação dedicado ao desenvolvimento de sistemas capazes de realizar tarefas que, quando executadas por humanos, requerem inteligência. No contexto do roteamento e planejamento de caminhos, os algoritmos de busca em grafos constituem a base técnica mais consolidada e aplicável.

O algoritmo A* (pronunciado A-estrela) é um dos métodos de busca heurística mais eficientes e amplamente utilizados em problemas de pathfinding. Desenvolvido por Hart, Nilsson e Raphael em 1968, o A* combina o custo acumulado do caminho com uma função heurística que estima o custo restante até o destino, acelerando significativamente o processo de busca. A função de avaliação do A* é expressa como:

$$f(n) = g(n) + h(n).$$

Onde g(n) representa o custo acumulado do caminho percorrido até o nó n, e h(n) é a estimativa heurística do custo mínimo de n até o destino. Quando h(n) é admissível — isto é, nunca superestima o custo real —, o A* garante encontrar o caminho ótimo.

No contexto da evacuação urbana, os nós do grafo representam interseções de vias, as arestas representam os trechos de rua com pesos proporcionais ao tempo de travessia (em função de distância, capacidade e congestionamento) e o destino representa os pontos de evacuação ou abrigos seguros. O algoritmo processa esses dados e determina, para cada agente simulado, a rota de menor custo temporal.

2.3 Simulação Computacional como Ferramenta de Análise

A simulação computacional é uma metodologia que permite modelar sistemas complexos e estudar seu comportamento sob diferentes condições sem a necessidade de intervenção no sistema real. No âmbito do planejamento urbano e da gestão de emergências, simulações de agentes — nos quais cada pessoa evacuada é representada por um agente autônomo com características próprias de mobilidade e tomada de decisão — têm se mostrado instrumentos valiosos para avaliar a eficácia de diferentes estratégias de evacuação.

O SmartEvac adota uma abordagem de simulação baseada em agentes (Agent-Based Simulation) simplificada, adequada ao nível de complexidade de um projeto de ensino médio, mas suficientemente representativa para demonstrar os princípios fundamentais do roteamento inteligente.

3 METODOLOGIA

3.1 Abordagem Metodológica

O SmartEvac foi desenvolvido seguindo uma metodologia de pesquisa aplicada, com caráter exploratório e experimental. A pesquisa aplicada caracteriza-se pela geração de conhecimento orientado à solução de problemas práticos específicos — neste caso, a demonstração do potencial da IA no planejamento de evacuações urbanas.

O projeto foi estruturado em quatro fases sequenciais: (i) revisão conceitual e definição do escopo; (ii) modelagem do sistema e definição da arquitetura; (iii) implementação e testes; e (iv) validação e preparação para apresentação. Cada fase foi distribuída entre os três integrantes da equipe de acordo com as habilidades individuais e os requisitos técnicos de cada etapa.

3.2 Modelagem do Problema

O ambiente de simulação foi modelado como um grafo dirigido G = (V, E), onde V representa o conjunto de nós (interseções e pontos de interesse) e E representa o conjunto de arestas (segmentos viários). A cada aresta e $\in$ E é atribuído um peso w(e) que expressa o tempo de travessia em condições normais, sujeito a modificadores dinâmicos em função do nível de congestionamento e de obstáculos gerados pelo evento de emergência.

O mapa utilizado na simulação é uma representação estilizada de um bairro urbano genérico, composto por uma grade regular de vias com variações de capacidade (vias primárias, secundárias e locais) e múltiplos pontos de saída distribuídos nas bordas do mapa. Essa estrutura simplificada permite demonstrar os princípios do roteamento inteligente sem a complexidade computacional de um mapa real em escala.

3.3 Cenários Simulados

O simulador contempla três tipos de cenário de emergência, selecionáveis pelo usuário por meio da interface:

• Incêndio de grande porte: bloqueia nós e arestas adjacentes à origem do fogo,

forçando roteamento por vias alternativas;

• Enchente urbana: satura progressivamente regiões do mapa a partir de um ponto baixo,

simulando o avanço da água e a inundação de vias;

• Acidente industrial: cria uma zona de exclusão ao redor do ponto de incidente, com

restrição de acesso em raio configurável.

Para cada cenário, o usuário pode ainda ajustar a densidade populacional inicial (baixa, média ou alta) e o horário da ocorrência (madrugada, horário comercial ou horário de pico), variáveis que afetam a distribuição espacial dos agentes e a capacidade das vias no momento do evento.

3.4 Implementação

O simulador foi implementado em Python, utilizando a biblioteca Pygame para renderização gráfica em tempo real. A escolha do Python justifica-se pela ampla disponibilidade de recursos didáticos, pela facilidade de aprendizado e pela adequação ao nível técnico da equipe. O Pygame, por sua vez, permite a criação de ambientes visuais interativos sem a necessidade de infraestrutura de servidor ou conexão com internet, facilitando a demonstração presencial em stands de feira.

O algoritmo A* foi implementado do zero pela equipe, sem uso de bibliotecas externas de pathfinding, como forma de garantir a compreensão profunda do mecanismo e a capacidade de explicá-lo ao público e aos avaliadores. A fila de prioridade utilizada na implementação baseia-se no módulo heapq nativo do Python.

4 ARQUITETURA DA SOLUÇÃO

4.1 Visão Geral

O SmartEvac é estruturado em três camadas funcionais interdependentes: a Camada de Dados, responsável pela representação e manutenção do estado do ambiente simulado; a Camada de Processamento, onde residem os algoritmos de IA e a lógica de simulação; e a Camada de Visualização, responsável pela renderização gráfica e pela interface de interação com o usuário.

4.2 Camada de Dados

A Camada de Dados gerencia a representação do grafo urbano, o estado dinâmico do ambiente (incluindo obstáculos gerados pelo evento de emergência e o nível de congestionamento de cada via) e os atributos individuais de cada agente simulado. Os dados são armazenados em estruturas nativas do Python (dicionários, listas e conjuntos), sem necessidade de banco de dados externo.

O grafo é inicializado a partir de um arquivo de configuração em formato JSON, que define os nós, as arestas e os pesos base. Essa abordagem modular permite que diferentes mapas sejam carregados sem alterações no código principal, viabilizando a extensão do simulador para outros cenários urbanos no futuro.

4.3 Camada de Processamento

A Camada de Processamento é o núcleo inteligente do sistema. Nela, o módulo de IA executa o algoritmo A* de forma assíncrona em relação à interface gráfica, garantindo que a visualização permaneça fluida mesmo durante o cálculo de rotas para múltiplos agentes simultâneos. O processamento é organizado em ciclos de atualização

(ticks), nos quais cada agente avança um passo em sua rota calculada, recalculando caso obstáculos dinâmicos bloqueiem o caminho previamente definido.

Paralelamente, um módulo de simulação sem IA implementa uma estratégia de roteamento ingênuo — os agentes seguem sempre a rota geograficamente mais curta, sem considerar congestionamentos ou bloqueios dinâmicos — permitindo a comparação direta entre os dois modos de operação. Essa funcionalidade é o elemento central da demonstração interativa do stand.

4.4 Camada de Visualização

A Camada de Visualização renderiza o estado atual da simulação em uma janela gráfica de tempo real. O mapa é apresentado como uma grade de células coloridas, com código de cores para distinguir vias livres, congestionadas, bloqueadas e zonas de perigo. Os agentes são representados por marcadores animados que se deslocam pelas rotas calculadas, e as rotas ativas são exibidas como linhas coloridas sobrepostas ao mapa.

Um painel lateral apresenta métricas em tempo real: número de agentes evacuados, tempo médio de evacuação, taxa de congestionamento das vias principais e comparativo de desempenho entre o modo com IA e o modo sem IA. Essas métricas são atualizadas a cada tick de simulação e permitem ao visitante acompanhar quantitativamente o impacto das decisões algorítmicas.

4.5 Interface do Usuário

A interface do usuário foi projetada com foco na acessibilidade e na clareza comunicativa, priorizando a experiência de visitantes sem formação técnica. Os controles são apresentados na forma de botões e sliders com rótulos descritivos, e os resultados são comunicados tanto visualmente (animação do mapa) quanto numericamente (painel de métricas) e verbalmente (texto explicativo contextual que descreve o que a IA está fazendo em cada momento da simulação).

5 CRITÉRIOS DE VALIDAÇÃO

5.1 Validação Funcional

A validação funcional do SmartEvac baseia-se na verificação de que o sistema se comporta conforme especificado em todos os cenários de emergência contemplados. Para cada cenário, são definidos critérios mínimos de aceitação:

• Correção do pathfinding: o algoritmo A* deve encontrar o caminho de menor custo

entre cada agente e o ponto de evacuação mais próximo, considerando os obstáculos dinâmicos ativos no momento do cálculo;

• Consistência dinâmica: o recálculo de rotas deve ocorrer corretamente quando novos

obstáculos surgem durante a simulação, sem deixar agentes presos ou em loop;

• Completude: todos os agentes posicionados em regiões alcançáveis do mapa devem

conseguir atingir um ponto de evacuação dentro de um tempo máximo pré-definido;

• Desempenho comparativo: o modo com IA deve apresentar tempo médio de

evacuação estatisticamente inferior ao modo sem IA em pelo menos 80% das execuções de teste.

5.2 Validação de Experiência do Usuário

Além da validação técnica, o SmartEvac será submetido a uma avaliação de experiência do usuário realizada com visitantes da FECART. A avaliação consiste em um questionário de cinco itens aplicado após a interação

com o simulador, investigando: compreensão do conceito de IA demonstrado; clareza da interface; percepção do impacto da tecnologia; interesse gerado pelo tema; e facilidade de uso dos controles.

As respostas serão coletadas em escala Likert de cinco pontos e analisadas descritivamente. Espera-se que ao menos 70% dos respondentes avaliem positivamente (notas

4 ou 5) todos os itens do questionário, indicando que o projeto atingiu seus objetivos

comunicativos.

5.3 Métricas de Desempenho da Simulação

As seguintes métricas são coletadas automaticamente pelo sistema durante cada execução e utilizadas para comparação entre os modos com e sem IA:

• Tempo total de evacuação (TTe): tempo decorrido entre o início do evento e a

evacuação do último agente;

• Tempo médio por agente (TMa): média aritmética dos tempos individuais de

evacuação;

• Taxa de congestionamento (TC): proporção de arestas com fluxo acima de 80% da

capacidade máxima durante o pico da simulação;

• Índice de distribuição de carga (IDC): desvio padrão do fluxo entre as rotas

disponíveis, onde valores menores indicam distribuição mais equitativa.

6 DIRETRIZES DE GOVERNANÇA

6.1 Transparência Algorítmica

Um dos princípios fundamentais da IA responsável é a transparência — a capacidade de explicar, em linguagem compreensível, como e por que o sistema tomou determinada decisão. No SmartEvac, a transparência algorítmica é implementada por meio de três mecanismos: (i) visualização em tempo real do processo de busca do A*, que exibe os nós explorados antes de definir o caminho final; (ii) painel de justificativa que descreve, em linguagem natural, os fatores considerados na escolha de cada rota; e (iii) modo de depuração (debug) acessível ao operador, que expõe os valores de g(n), h(n) e f(n) para cada nó da rota calculada.

6.2 Equidade e Não Discriminação

Sistemas de IA aplicados à gestão de emergências devem garantir que a qualidade do atendimento não varie em função de características socioeconômicas, étnicas ou de mobilidade da população afetada. No SmartEvac, essa diretriz é operacionalizada pela inclusão de agentes com diferentes velocidades de deslocamento — representando pessoas com mobilidade reduzida, idosos e crianças — e pela verificação de que o algoritmo não penaliza esses agentes ao concentrá-los nas rotas mais longas ou congestionadas. Diretrizes de priorização para populações vulneráveis podem ser configuradas no módulo de parâmetros.

6.3 Supervisão Humana

O SmartEvac não é concebido como um sistema autônomo de tomada de decisão, mas sim como uma ferramenta de suporte ao decisor humano. Toda recomendação gerada pelo simulador deve ser interpretada como uma sugestão algorítmica sujeita à avaliação e aprovação de especialistas em gestão de emergências, autoridades

municipais e profissionais de defesa civil. O sistema não possui mecanismos de atuação direta sobre a infraestrutura urbana real, limitando-se ao domínio da simulação e do suporte à decisão.

6.4 Privacidade e Proteção de Dados

Embora o SmartEvac, em sua versão atual, opere exclusivamente com dados sintéticos e simulados, a projeção de sua aplicação em contextos reais implica a coleta de dados de localização e deslocamento de pessoas. Nesse cenário, a implementação do sistema deve observar os princípios da Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD — Lei n.º

13.709/2018), incluindo: minimização da coleta de dados ao estritamente necessário, anonimização de registros individuais, transparência com os titulares sobre o uso das informações e definição clara de responsabilidades pelo tratamento dos dados.

6.5 Avaliação Contínua e Audibilidade

Sistemas de IA implantados em contextos de gestão de crises devem ser submetidos a avaliações periódicas de desempenho e a auditorias independentes. Para o SmartEvac, propõe- se um protocolo de revisão semestral que inclua: reavaliação dos pesos do grafo com base em dados atualizados de capacidade viária; testes de stress com cenários extremos não contemplados no treinamento original; e revisão das métricas de equidade para identificar possíveis vieses emergentes no comportamento do algoritmo.

7 Conclusão

O presente artigo apresentou o SmartEvac, um simulador interativo de evacuação urbana baseado no algoritmo de busca A*, desenvolvido como projeto FECART do ensino médio no âmbito do tema Smart City. O projeto demonstra, de forma acessível e visualmente envolvente, como a Inteligência Artificial pode contribuir para a otimização do planejamento de emergências em ambientes urbanos complexos.

A fundamentação teórica apresentada nas seções anteriores sustenta a relevância da proposta: as cidades inteligentes demandam ferramentas computacionais capazes de processar múltiplas variáveis em tempo real e gerar recomendações de ação em janelas temporais incompatíveis com o processamento humano não assistido. O algoritmo A*, por sua eficiência computacional e garantia de otimalidade sob heurísticas admissíveis, constitui uma escolha tecnicamente adequada para o domínio do roteamento de evacuação.

A arquitetura em três camadas — dados, processamento e visualização — garante a modularidade e a extensibilidade do sistema, permitindo que futuras versões incorporem dados reais de infraestrutura viária, modelos mais sofisticados de comportamento de agentes e integração com sistemas IoT de monitoramento urbano. Os critérios de validação estabelecidos asseguram que o sistema possa ser avaliado de forma objetiva tanto em seus aspectos técnicos quanto em seu impacto comunicativo junto ao público.

As diretrizes de governança propostas refletem a compreensão de que a adoção responsável de IA em contextos críticos vai além da excelência técnica: exige transparência, equidade, supervisão humana e proteção de dados como condições inegociáveis. Esse entendimento, incorporado desde a concepção do projeto, posiciona o SmartEvac não apenas como uma demonstração tecnológica, mas como um exercício de reflexão ética sobre o papel da IA na gestão de nossas cidades.

Como trabalhos futuros, propõe-se a integração do simulador com dados cartográficos reais via OpenStreetMap, a implementação de algoritmos de aprendizado por reforço para otimização adaptativa das rotas ao longo da simulação e a realização de estudos comparativos com estratégias de evacuação estabelecidas na literatura de engenharia de segurança. Espera-se que o SmartEvac sirva como ponto de partida para projetos mais abrangentes de pesquisa aplicada em IA e gestão urbana de emergências.

Referências e complementação necessária

O documento de origem não apresenta bibliografia completa. As afirmações teóricas e metodológicas requerem fontes identificáveis, independentemente do caráter escolar do projeto. Os autores deverão completar e validar a correspondência entre as afirmações e as referências antes da publicação.

Para a menção já existente a Hart, Nilsson e Raphael (1968), a edição localizou a referência abaixo no acervo público de um dos autores. Sua inclusão regular no argumento e as demais fontes do trabalho permanecem sujeitas à validação autoral.

HART, Peter E.; NILSSON, Nils J.; RAPHAEL, Bertram. A Formal Basis for the Heuristic Determination of Minimum Cost Paths. *IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics*, v. SSC-4, n. 2, p. 100–107, 1968. Fonte localizada: `https://ai.stanford.edu/~nilsson/OnlinePubs-Nils/PublishedPapers/astar.pdf`.

R09

ARTIGO / PROJETO

RESILIÊNCIA, CLIMA E ENERGIA

EcoMonitor Urbano: Sistema Inteligente de Monitoramento de Consumo Sustentável com o Impacto dos 10%

Julia Cerqueira Aguiar e Maria Laura Pizza Pereira

DESTAQUE EDITORIAL

Um gêmeo digital torna visíveis os efeitos econômicos e ambientais de uma redução de 10% no consumo de água e energia em uma comunidade urbana.

DESCRITORES

gêmeo digital; água; energia; visualização; consumo sustentável

Identificação nesta versão: Julia Cerqueira Aguiar e Maria Laura Pizza Pereira. *EcoMonitor Urbano: Sistema Inteligente de Monitoramento de Consumo Sustentável com o Impacto dos 10%*. In: *Conexões Colégio FECAP: Smart City*. Versão para avaliação institucional, 2026, p. 82–87.

Síntese de leitura elaborada pela edição a partir do documento disponível. Funcionalidades descritas não são, por si, evidência de implementação ou desempenho validado. A autoria segue a relação fornecida; conferências e divergências constam do controle separado.

TRABALHO DISCENTE

EcoMonitor Urbano: Sistema Inteligente de Monitoramento de Consumo Sustentável com o Impacto dos 10%

Julia Cerqueira Aguiar e Maria Laura Pizza Pereira

Curso técnico de Inteligência Artificial, Colégio FECAP, São Paulo, Brasil

Nota editorial sobre a natureza do trabalho. Cenário simulado do bairro Eco-Ville. A economia de 10 por cento é hipótese de cálculo, não redução observada de consumo. As afirmações científicas permanecem sob responsabilidade dos autores; validações e pendências específicas constam do controle separado.

2026

Resumo Este artigo apresenta o EcoMonitor Urbano, também denominado Eco-Twin, um sistema inteligente de monitoramento de consumo sustentável voltado à visualização dos impactos do uso de água e energia em comunidades urbanas. O projeto utiliza o conceito de gêmeo digital para representar virtualmente um bairro fictício, chamado Eco-Ville, e demonstrar como uma redução de apenas 10% no consumo de recursos naturais pode gerar benefícios econômicos, ambientais e sociais relevantes. A proposta combina análise de dados, simulação preditiva, visualização interativa e maquete física ou digital para transformar informações técnicas em indicadores acessíveis à comunidade. A metodologia considera 1.000 residências, consumo médio mensal de 18 m3 de água e 200 kWh de energia por residência. Os resultados simulados indicam economia mensal de 1.800.000 litros de água e 20.000 kWh de energia, além de uma redução estimada de R$ 15.000,00 por mês em gastos energéticos. Conclui-se que o EcoMonitor Urbano é uma solução educacional, acessível e replicável para promover conscientização ambiental e incentivar hábitos sustentáveis em cidades inteligentes.

Palavras-chave: sustentabilidade urbana; inteligência artificial; gêmeo digital; consumo consciente; cidades inteligentes.

1 Introdução

O crescimento urbano intensifica a demanda por recursos naturais, especialmente água e energia elétrica. Embora o consumo cotidiano pareça individualmente pequeno, seu efeito acumulado em bairros e cidades pode gerar desperdício, aumento de custos e maior pressão sobre a infraestrutura pública. Um dos principais desafios da sustentabilidade urbana é tornar esses impactos visíveis para a população, pois dados de consumo geralmente são apresentados de forma técnica, fragmentada e pouco compreensível. Nesse contexto, o EcoMonitor Urbano propõe uma solução educativa baseada em tecnologia, análise de dados e visualização ambiental. O sistema utiliza o conceito de gêmeo digital, oudigital twin, para simular o comportamento de um bairro e apresentar, de forma visual, os efeitos positivos de mudanças simples nos hábitos de consumo. A proposta central é o chamado "Impacto dos 10%", isto é, a demonstração de que uma redução de apenas 10% no consumo de água e energia pode produzir resultados expressivos quando aplicada coletivamente.

O projeto busca integrar conceitos de inteligência artificial, ciência de dados, urbanismo e sustentabilidade, permitindo que estudantes, moradores, professores e gestores visualizem cenários comparativos entre o consumo

atual e um cenário sustentável. Dessa forma, informações complexas são convertidas em gráficos, cores, indicadores e simulações de fácil interpretação.

2 Problema de Pesquisa

Grande parte da população não consegue visualizar o impacto real causado pelo desperdício de água e energia em seu próprio bairro. Ainda que existam dados sobre consumo e sustentabilidade, essas informações frequentemente são apresentadas em formatos técnicos, dificultando a conscientização e a mudança de comportamento. Como consequência, observa-se desperdício constante de recursos naturais, aumento de despesas para famílias e governos, crescimento de emissões indiretas associadas ao consumo energético e baixa percepção do potencial das pequenas ações individuais. Assim, o problema investigado por este projeto pode ser sintetizado na seguinte questão: como transformar dados de consumo urbano em informações visuais, acessíveis e capazes de estimular práticas sustentáveis?

3 Objetivos

3.1 Objetivo Geral

Desenvolver um modelo inteligente de monitoramento urbano capaz de representar dados de consumo de água e energia, simular cenários sustentáveis e demonstrar visualmente os impactos de uma redução de 10% no consumo local.

3.2 Objetivos Específicos

- Coletar ou estimar dados de consumo residencial de água e energia.
- Simular a redução de 10% no consumo em um bairro fictício.
- Calcular benefícios econômicos e ambientais decorrentes da economia de recursos.
- Representar os resultados por meio de painéis, gráficos, cores e maquete física ou digital.
- Utilizar conceitos de inteligência artificial e análise de dados para projetar cenários futuros.
- Incentivar a conscientização ambiental da comunidade escolar e local.

4 Público-Alvo

O público primário do EcoMonitor Urbano é composto por moradores do bairro, estudantes e comunidade escolar. O público secundário inclui gestores públicos, professores, organizações ambientais e demais interessados em soluções de sustentabilidade urbana. Essa definição permite que o projeto seja aplicado tanto em ambientes educacionais quanto em apresentações comunitárias ou institucionais.

5 Fundamentação Conceitual

O EcoMonitor Urbano está fundamentado em quatro conceitos principais: sustentabilidade urbana, gêmeo digital, inteligência artificial e visualização de dados. A sustentabilidade urbana referese à capacidade de uma cidade utilizar recursos de maneira eficiente, reduzindo desperdícios e promovendo qualidade de vida. O gêmeo digital permite representar virtualmente um ambiente real ou simulado, possibilitando testar cenários antes de aplicá-los no mundo físico. A inteligência artificial, neste projeto, é empregada de forma acessível, por meio de simulação preditiva e análise de padrões de consumo. O objetivo não é substituir especialistas, mas tornar os dados compreensíveis para qualquer pessoa. Já a visualização de dados transforma números abstratos em informações intuitivas, usando cores, gráficos e indicadores para facilitar a tomada de decisão.

6 Proposta de Solução

A solução proposta combina três componentes integrados: plataforma de visualização, sistema de simulação e maquete inteligente.

6.1 Plataforma de Visualização

A plataforma de visualização consiste em um painel digital ou apresentação interativa capaz de exibir consumo atual de água, consumo atual de energia, índices de desperdício, simulações de economia e impactos ambientais estimados. Esse painel pode ser desenvolvido em ferramentas acessíveis, como Excel, Google Sheets, Power BI, Canva, Scratch ou aplicações simples em Python.

6.2 Sistema de Simulação

O sistema de simulação compara dois cenários principais: o cenário atual, que representa o consumo normal da comunidade, e o cenário sustentável, que considera redução de 10% no consumo. A partir dessa comparação, são calculados indicadores como economia financeira anual, redução do desperdício de água, economia energética e impacto ambiental positivo.

6.3 Maquete Inteligente

A maquete física ou digital representa o bairro Eco-Ville. As regiões são destacadas por cores: verde para áreas sustentáveis, amarelo para consumo moderado e vermelho para áreas com alto desperdício. A mudança de cenário pode ser exibida por meio de LEDs, gráficos, animações ou recursos digitais, proporcionando forte impacto visual durante a apresentação.

7 Metodologia

A metodologia do EcoMonitor Urbano baseia-se em análise de dados e simulação preditiva. Para representar a comunidade, foi criado o bairro fictício Eco-Ville, composto por 1.000 residências. Foram adotados valores médios de consumo para água e energia, permitindo demonstrar os impactos coletivos de pequenas mudanças individuais.

7.1 Coleta e Definição dos Dados

Para o consumo de água, considera-se que uma pessoa utiliza aproximadamente 150 litros por dia. Em uma residência com quatro moradores, o consumo diário é estimado em 600 litros, resultando em aproximadamente 18.000 litros, ou 18 m3, por mês. Para o consumo de energia, foi adotado o valor de 200 kWh por residência ao mês.

Tabela 1: Dados de referência utilizados na simulação

Indicador	Por residência	1.000 residências
Água mensal	18.000 litros	18.000.000 litros
Energia mensal	200 kWh	200.000 kWh
Redução simulada	10%	10%

Fonte: documento original do projeto; dados e natureza das afirmações mantidos.

7.2 Cálculo do Impacto dos 10%

O cálculo da economia é realizado aplicando-se uma redução de 10% sobre o consumo total do bairro. Para a água, tem-se:

$18.000 \times 1.000 = 18.000.000$litros/mês (1)

$18.000.000 \times 0{,}10 = 1.800.000$litros economizados/mês (2)

Para a energia elétrica, tem-se:

$200 \times 1.000 = 200.000$kWh/mês (3)

$200.000 \times 0{,}10 = 20.000$kWh economizados/mês (4)

Considerando custo médio de R$ 0,75 por kWh, a economia financeira mensal estimada é:

$$\mathbf{20.000 \times 0{,}75 = R\$15.000{,}00 \ (5)}$$

Em um ano, a economia energética da comunidade alcança:

$$\mathbf{15.000 \times 12 = R\$180.000{,}00 \ (6)}$$

8 Uso de Inteligência Artificial

A inteligência artificial é aplicada por meio de simulação preditiva e análise automatizada de dados. A partir dos dados atuais de consumo, o sistema projeta cenários futuros e calcula os impactos financeiros e ambientais gerados por mudanças de comportamento. Além disso, a IA pode auxiliar na identificação de padrões de desperdício, classificação de áreas de consumo e geração de visualizações intuitivas.

Na prática, o sistema pode classificar regiões do bairro em três níveis: sustentável, moderado e crítico. Essa classificação orienta a representação visual na maquete e no painel de dados, facilitando a interpretação dos resultados pelo público.

9 Requisitos do Sistema

9.1 Requisitos Funcionais

Tabela 2: Requisitos funcionais do EcoMonitor Urbano

ID	Requisito
RF01	Exibir dados de consumo de água.
RF02	Exibir dados de consumo de energia.
RF03	Simular uma redução de 10% no consumo.
RF04	Apresentar indicadores visuais de sustentabilidade.
RF05	Mostrar projeções econômicas.
RF06	Comparar o cenário atual com o cenário sustentável.
RF07	Permitir visualização por maquete física ou digital.

Fonte: documento original do projeto; dados e natureza das afirmações mantidos.

9.2 Requisitos Não Funcionais

Tabela 3: Requisitos não funcionais do EcoMonitor Urbano

ID	Requisito
RNF01	Interface simples e intuitiva.
RNF02	Sistema de baixo custo.

ID	Requisito
RNF03	Apresentação com forte impacto visual.
RNF04	Solução facilmente replicável em outros bairros.
RNF05	Tecnologias acessíveis para estudantes.

Fonte: documento original do projeto; dados e natureza das afirmações mantidos.

10 Tecnologias Utilizadas

O projeto pode ser implementado com recursos de baixo custo. No hardware, podem ser utilizados Arduino, LEDs, sensores simples de luminosidade ou consumo e protoboard. No software, podem ser utilizadas ferramentas como Excel, Google Sheets, Power BI, Canva, Scratch e scripts em Python. Essa escolha tecnológica permite que estudantes desenvolvam o protótipo sem necessidade de infraestrutura complexa.

11 Resultados Esperados

Os resultados da simulação demonstram que o Impacto dos 10% pode gerar economia significativa para a comunidade. No bairro Eco-Ville, a redução de 10% representa 1.800.000 litros de água economizados por mês e 20.000 kWh de energia economizados por mês. Financeiramente, considerando apenas a energia elétrica, isso representa economia mensal de R$ 15.000,00 e economia anual de R$ 180.000,00.

Tabela 4: Resultados simulados para o bairro Eco-Ville

Recurso	Economia mensal	Economia anual
Água	1.800.000 litros	21.600.000 litros
Energia	20.000 kWh	240.000 kWh
Valor financeiro da energia	R$ 15.000,00	R$ 180.000,00

Fonte: documento original do projeto; dados e natureza das afirmações mantidos.

Além dos resultados quantitativos, espera-se que o projeto produza impacto educacional, permitindo que a comunidade compreenda a relação entre hábitos individuais e consequências coletivas. A visualização por cores e indicadores fortalece a sensibilização ambiental e torna a apresentação mais clara para diferentes públicos.

12 Indicadores de Sucesso

O projeto será considerado bem-sucedido se conseguir demonstrar visualmente os impactos da redução de consumo, comprovar a viabilidade da solução, sensibilizar a banca avaliadora, mostrar benefícios econômicos e ambientais e integrar conceitos de tecnologia, sustentabilidade e urbanismo.

13 Impactos Esperados

Os impactos econômicos incluem redução de gastos com energia e água, além de menor pressão sobre a infraestrutura pública. Os impactos ambientais envolvem menor desperdício de recursos naturais, redução de emissões indiretas de carbono e uso mais eficiente da energia. No campo social, esperase maior conscientização da comunidade, incentivo a hábitos sustentáveis e participação cidadã na gestão urbana.

14 Conclusão

O EcoMonitor Urbano demonstra que pequenas mudanças podem gerar grandes transformações. Ao unir sustentabilidade, urbanismo, análise de dados e inteligência artificial, o projeto transforma informações complexas

em ações concretas e visuais, permitindo que a comunidade compreenda o impacto de suas escolhas diárias. A simulação realizada no bairro fictício Eco-Ville evidencia que uma redução de apenas 10% no consumo de água e energia pode gerar economia mensal de 1.800.000 litros de água, 20.000 kWh de energia e R$ 15.000,00 em gastos energéticos. Esses resultados reforçam a importância de tecnologias acessíveis para apoiar a educação ambiental e a construção de cidades mais inteligentes, eficientes e sustentáveis. Portanto, o EcoMonitor Urbano apresenta-se como uma solução inovadora, replicável e de forte impacto visual, capaz de aproximar a população dos dados de sustentabilidade e incentivar ações práticas para melhorar a qualidade de vida urbana.

Slogan do Projeto: “Pequenas mudanças. Grandes impactos.”

LEITURAS COMPLEMENTARES INDICADAS PELA EDIÇÃO

EcoMonitor Urbano

As indicações abaixo foram localizadas em fontes primárias e se relacionam ao tema do projeto. Não são atribuídas como bibliografia utilizada pelos estudantes. Outras indicações herdadas da curadoria, ainda não verificadas, constam apenas do quadro separado; a pertinência e a eventual incorporação ao argumento exigem validação dos autores. Não constituem certificação dos resultados do projeto.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Energy Efficiency 2025**. Paris, 2025. Disponível em: https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2025. Acesso em: 18 ago. 2026.

UNITED NATIONS HUMAN SETTLEMENTS PROGRAMME. **World Cities Report 2022: Envisaging the Future of Cities**. Nairobi, 2022. Disponível em: https://unhabitat.org/wcr/. Acesso em: 18 ago. 2026.

R10

ARTIGO / PROJETO

RESILIÊNCIA, CLIMA E ENERGIA

EcoSense: Sistema Inteligente de Economia de Energia por Detecção de Presença Humana

Miguel Franco Fernandes Gioielli, Thiago Pereira Costa e João Pedro Oliva de Jesus

DESTAQUE EDITORIAL

Sensores de presença e controle embarcado desligam cargas não essenciais em ambientes vazios sem retirar do usuário o comando convencional da iluminação.

DESCRITORES

presença; automação; Arduino; eficiência energética; protótipo

Identificação nesta versão: Miguel Franco Fernandes Gioielli, Thiago Pereira Costa e João Pedro Oliva de Jesus. *EcoSense: Sistema Inteligente de Economia de Energia por Detecção de Presença Humana*. In: *Conexões Colégio FECAP: Smart City*. Versão para avaliação institucional, 2026, p. 90–95.

Síntese de leitura elaborada pela edição a partir do documento disponível. Funcionalidades descritas não são, por si, evidência de implementação ou desempenho validado. A autoria segue a relação fornecida; conferências e divergências constam do controle separado.

TRABALHO DISCENTE

EcoSense: Sistema Inteligente de Economia de Energia por Detecção de Presença Humana

Miguel Franco Fernandes Gioielli, Thiago Pereira Costa e João Pedro Oliva de Jesus

Curso técnico de Inteligência Artificial, Colégio FECAP, São Paulo, Brasil

Nota editorial sobre a natureza do trabalho. Proposta de detecção de presença para gestão de iluminação. Materiais e estratégias de avaliação não comprovam economia de energia medida. As afirmações científicas permanecem sob responsabilidade dos autores; validações e pendências específicas constam do controle separado.

Resumo

O aumento do consumo de energia elétrica em ambientes urbanos evidencia a necessidade de soluções tecnológicas capazes de reduzir desperdícios e incentivar o uso consciente dos recursos naturais. Este trabalho apresenta o EcoSense, um sistema inteligente de economia de energia baseado na detecção de presença humana em ambientes internos. O projeto propõe o uso de sensor infravermelho passivo, associado a uma plataforma de controle Arduino, para identificar a ausência de pessoas em um cômodo e desligar automaticamente luzes e equipamentos não essenciais após um intervalo de segurança. A proposta preserva o funcionamento dos interruptores convencionais, atuando apenas como uma camada complementar de automação contra desperdícios. Para fins de demonstração, será desenvolvido um protótipo em forma de maquete residencial, no qual LEDs representarão a iluminação e equipamentos elétricos de uso temporário. O sistema apresenta potencial de aplicação em residências, escolas, escritórios, prédios públicos e demais ambientes urbanos, contribuindo para a eficiência energética, a sustentabilidade e o desenvolvimento de cidades inteligentes.

Palavras-chave: eficiência energética; automação residencial; sensor PIR; Arduino; sustentabilidade; cidades inteligentes.

1 Introdução

A energia elétrica é um recurso essencial para o funcionamento das sociedades contemporâneas. Ela está presente em residências, escolas, hospitais, indústrias, prédios públicos e centros comerciais, possibilitando iluminação, comunicação, refrigeração, segurança e o uso de equipamentos eletrônicos. Entretanto, o aumento da urbanização e da dependência tecnológica também ampliou o consumo energético, tornando necessária a criação de estratégias voltadas à redução de desperdícios. Em muitos ambientes, é comum que luzes, televisores, ventiladores, computadores e outros aparelhos permaneçam ligados mesmo quando não há pessoas utilizando o espaço. Esse comportamento, muitas vezes causado por esquecimento ou falta de atenção, resulta em consumo desnecessário de energia elétrica, aumento dos custos financeiros e maior pressão sobre os recursos naturais utilizados na geração de energia. Nesse contexto, a automação residencial e os sistemas inteligentes surgem como alternativas para tornar o consumo mais eficiente. Ao utilizar sensores e microcontroladores, é possível criar dispositivos capazes de perceber condições do ambiente e executar ações automaticamente. Essa lógica está diretamente relacionada ao conceito de cidades inteligentes, que utiliza tecnologias para melhorar a qualidade de vida da população, otimizar serviços e reduzir impactos ambientais. O projeto EcoSense foi desenvolvido com o objetivo de contribuir para esse cenário. Trata-se de um sistema inteligente capaz de detectar a presença humana

em um cômodo e desligar automaticamente luzes e equipamentos não essenciais quando o ambiente estiver vazio. O diferencial da proposta é que ela não substitui os interruptores convencionais nem retira o controle manual do usuário. O sistema atua apenas quando identifica que há equipamentos ligados sem utilização, funcionando como uma proteção contra o desperdício energético.

2 Problema de Pesquisa

O desperdício de energia elétrica em ambientes internos é um problema frequente. Muitas pessoas deixam aparelhos ligados ao sair de um cômodo, principalmente em situações de rotina acelerada, falta de atenção ou uso coletivo de espaços. Em residências, esse desperdício pode aumentar a conta de luz. Em escolas, escritórios e prédios públicos, o impacto pode ser ainda maior, pois vários ambientes podem permanecer iluminados ou com equipamentos ligados por longos períodos sem necessidade. A partir dessa realidade, este trabalho busca responder à seguinte questão de pesquisa: como desenvolver um sistema simples, acessível e eficiente capaz de detectar a ausência de pessoas em um ambiente e desligar automaticamente equipamentos não essenciais, sem interferir negativamente no uso cotidiano dos dispositivos elétricos?

3 Hipótese

A hipótese deste projeto é que a combinação entre sensor de presença, microcontrolador e dispositivos de acionamento pode reduzir o desperdício de energia elétrica em ambientes internos. Considera-se que, ao identificar a ausência de pessoas e desligar automaticamente equipamentos não essenciais, o sistema pode promover economia sem alterar significativamente a rotina dos usuários.

4 Objetivos

4.1 Objetivo geral

Desenvolver um sistema inteligente capaz de detectar a presença humana em um ambiente e desligar automaticamente luzes e equipamentos não essenciais quando o cômodo estiver vazio, reduzindo o desperdício de energia elétrica e contribuindo para práticas sustentáveis.

4.2 Objetivos específicos

- construir um protótipo funcional utilizando Arduino e sensor de presença PIR;
- simular, por meio de uma maquete, o funcionamento do sistema em uma residência;
- manter o funcionamento dos interruptores convencionais como forma de controle manual;
- diferenciar equipamentos essenciais e não essenciais para evitar desligamentos inadequados;
- demonstrar a relação entre automação residencial, sustentabilidade e cidades inteligentes;
- avaliar os benefícios esperados quanto à economia de energia e à conscientização ambiental.

5 Justificativa

A escolha do tema justifica-se pela importância social, econômica e ambiental da economia de energia elétrica. A redução do desperdício contribui para diminuir gastos financeiros, preservar recursos naturais e reduzir impactos associados à geração e distribuição de energia. Além disso, projetos de automação simples e de baixo custo podem aproximar estudantes dos conceitos de eletrônica, programação, sustentabilidade e inovação tecnológica. O EcoSense também se destaca por propor uma solução prática para um problema cotidiano. Diferentemente de sistemas totalmente automatizados, que podem substituir a ação humana, o projeto mantém o uso dos interruptores tradicionais. Dessa forma, o usuário continua no controle dos equipamentos, enquanto o sistema atua apenas quando identifica uma situação de desperdício.

6 Fundamentação Teórica

6.1 Eficiência energética

Eficiência energética consiste em utilizar a energia da melhor forma possível, reduzindo perdas e desperdícios sem comprometer o funcionamento dos equipamentos ou o conforto dos usuários. Em ambientes residenciais e comerciais, práticas simples, como apagar luzes ao sair de um cômodo e desligar aparelhos sem uso, podem gerar economia significativa ao longo do tempo. Entretanto, depender exclusivamente do comportamento humano pode não ser suficiente, pois esquecimentos são comuns. Por isso, sistemas automatizados podem auxiliar na criação de ambientes mais eficientes, executando ações de controle com base em informações coletadas por sensores.

6.2 Automação residencial

A automação residencial consiste na aplicação de tecnologias para controlar dispositivos de uma casa ou edifício, como iluminação, climatização, segurança e eletrodomésticos. Esses sistemas podem ser controlados manualmente, por aplicativos, por programação horária ou por sensores. No caso do EcoSense, a automação é aplicada de maneira simples e objetiva: o sistema verifica se há presença humana em determinado ambiente e, caso não haja, realiza o desligamento de equipamentos não essenciais após um tempo de segurança. Essa abordagem evita interferências desnecessárias e reduz a possibilidade de desligamento indevido.

6.3 Sensor de presença PIR

O sensor PIR, sigla paraPassive Infrared Sensor, é um sensor infravermelho passivo utilizado para detectar movimento. Ele identifica variações na radiação infravermelha emitida por corpos, como o corpo humano. Quando uma pessoa se move diante do sensor, ocorre uma alteração no padrão de radiação percebido, permitindo que o sistema reconheça a presença no ambiente. Esse tipo de sensor é amplamente utilizado em alarmes, sistemas de iluminação automática e projetos de automação, pois apresenta baixo custo, baixo consumo de energia e funcionamento relativamente simples.

6.4 Arduino como plataforma de controle

O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica composta por hardware e software de fácil utilização. Ele permite receber sinais de sensores, processar informações e acionar dispositivos como LEDs, motores, relés e displays. Por esse motivo, é bastante utilizado em projetos educacionais e científicos. No projeto EcoSense, o Arduino atua como o centro de controle do sistema. Ele recebe o sinal do sensor PIR, interpreta se há ou não presença no ambiente e decide se deve manter os dispositivos ligados ou desligá-los após o intervalo de segurança programado.

6.5 Cidades inteligentes e sustentabilidade

Cidades inteligentes são espaços urbanos que utilizam tecnologia para melhorar serviços, otimizar recursos e promover qualidade de vida. Entre os principais objetivos desse conceito estão a mobilidade eficiente, o uso racional da energia, a redução de impactos ambientais e a melhoria da gestão dos espaços públicos e privados. O EcoSense relaciona-se a esse conceito porque propõe uma solução tecnológica voltada à economia de energia. Se aplicado em larga escala, o sistema poderia contribuir para a redução do consumo energético em residências, escolas, escritórios e prédios públicos.

7 Metodologia

A pesquisa apresenta caráter aplicado e experimental, pois busca desenvolver uma solução prática para um problema real. O procedimento metodológico consiste na construção de um protótipo físico, representado por

uma maquete residencial, capaz de simular o funcionamento do sistema em um cômodo. O desenvolvimento será dividido em quatro etapas principais:

1. levantamento do problema e definição dos equipamentos essenciais e não essenciais; 2. montagem do circuito eletrônico com Arduino, sensor PIR, LEDs e resistores; 3. construção da maquete residencial para simulação visual do sistema; 4. realização de testes para verificar o comportamento do protótipo diante da presença e ausência simulada de pessoas.

Durante a apresentação, a aproximação da mão ao sensor representará a presença de uma pessoa no cômodo. Quando a presença for detectada, os LEDs permanecerão acesos. Quando a presença deixar de ser detectada por determinado período, os LEDs serão desligados automaticamente.

8 Descrição do Funcionamento do Sistema

O funcionamento do EcoSense baseia-se na leitura contínua do sensor de presença. O usuário liga normalmente a luz ou o equipamento por meio do interruptor tradicional. Enquanto houver presença humana no ambiente, o sistema não interfere no uso do cômodo. Quando a pessoa sai, o sensor deixa de detectar movimento e o Arduino inicia uma contagem de tempo. Após um intervalo de segurança, por exemplo 10 segundos na maquete, o sistema verifica se o ambiente continua vazio. Se não houver presença, a iluminação e os equipamentos não essenciais são desligados automaticamente. Caso uma pessoa retorne antes do fim do tempo programado, a contagem é interrompida e os dispositivos permanecem ligados. Esse intervalo de segurança é importante para evitar desligamentos indevidos em situações nas quais a pessoa permanece parada por alguns instantes ou retorna rapidamente ao cômodo. Em uma aplicação real, esse tempo poderia ser maior e ajustado conforme o tipo de ambiente.

9 Diferencial do Projeto

O principal diferencial do EcoSense é o fato de não substituir os interruptores convencionais. O usuário pode ligar ou desligar os equipamentos manualmente sempre que desejar. O sistema atua apenas como uma camada inteligente de segurança contra desperdícios, entrando em ação quando identifica que não há ninguém utilizando o ambiente. Dessa forma, se a pessoa apagar a luz manualmente, o sistema não interfere. Se a pessoa desligar a televisão manualmente, o sistema também não interfere. Entretanto, se a pessoa sair do cômodo e esquecer os equipamentos ligados, o sistema realiza o desligamento automático.

10 Equipamentos Controlados

O sistema foi projetado para controlar apenas equipamentos não essenciais, isto é, dispositivos que podem ser desligados sem comprometer a segurança, a conservação de alimentos ou a comunicação básica do ambiente. Exemplos incluem:

- lâmpadas;
- televisores;
- ventiladores;
- computadores;
- videogames;
- aparelhos eletrônicos de uso temporário.

Por outro lado, equipamentos essenciais devem permanecer ligados continuamente. Entre eles, destacam-se:

- geladeiras;
- freezers;
- roteadores de internet;
- sistemas de segurança;
- equipamentos médicos ou de monitoramento;

- outros dispositivos que necessitam funcionamento permanente.

Essa separação é fundamental para garantir que o sistema seja seguro e adequado ao uso cotidiano.

11 Protótipo Proposto

Para demonstrar o funcionamento do projeto, será construída uma maquete residencial contendo a estrutura de uma casa em miniatura, cômodos representativos, LEDs simulando lâmpadas, sensor de presença PIR, Arduino para controle do sistema, fonte de alimentação e miniaturas representando equipamentos eletrônicos. O protótipo permitirá observar visualmente a lógica de funcionamento do sistema. Quando houver presença detectada, os LEDs permanecerão acesos. Quando não houver presença por um determinado período, os LEDs serão apagados automaticamente, simulando a economia de energia.

12 Materiais Utilizados

13 Resultados Esperados

Espera-se que o protótipo demonstre de forma clara que a detecção de presença pode ser utilizada para reduzir desperdícios de energia elétrica. O sistema deverá manter os dispositivos ligados enquanto houver presença simulada no ambiente e desligá-los automaticamente após a ausência ser confirmada pelo sensor. Entre os principais resultados esperados, destacam-se:

- redução do desperdício de energia elétrica;
- diminuição dos custos com eletricidade;
- maior eficiência energética em ambientes internos;
- incentivo ao uso consciente dos recursos naturais;

Tabela 1: Materiais previstos para a construção do protótipo

Material	Função no projeto
Arduino Uno ou Nano	Controlar o sistema e processar os sinais do sensor.
Sensor PIR	Detectar presença ou movimento no ambiente.
LEDs	Simular lâmpadas e equipamentos ligados.
Resistores	Limitar a corrente elétrica nos LEDs.
Protoboard	Facilitar a montagem do circuito sem solda.
Jumpers	Realizar as conexões elétricas entre os componentes.
Fonte USB	Alimentar o Arduino e o circuito.
Papelão ou MDF	Construir a estrutura da maquete residencial.
Miniaturas decorativas	Representar cômodos e equipamentos eletrônicos.

Fonte: documento original do projeto; dados e natureza das afirmações mantidos.

- aplicação prática de conceitos de eletrônica e programação;
- compreensão do papel da automação em cidades inteligentes;
- valorização da sustentabilidade em soluções tecnológicas.

14 Possíveis Aplicações

O EcoSense pode ser aplicado em diferentes tipos de ambientes, como residências, escolas, escritórios, hospitais, prédios públicos, bibliotecas, laboratórios e centros comerciais. Em escolas, por exemplo, o sistema poderia evitar que salas vazias permaneçam com luzes acesas. Em escritórios, poderia reduzir o consumo de equipamentos em salas de reunião. Em prédios públicos, poderia contribuir para a diminuição de gastos com energia. A aplicação

em larga escala poderia gerar impactos positivos para a sustentabilidade urbana, principalmente em locais com grande circulação de pessoas e uso frequente de iluminação artificial.

15 Limitações do Projeto

Apesar de apresentar vantagens, o projeto possui algumas limitações. O sensor PIR detecta principalmente movimento, o que significa que uma pessoa parada por muito tempo pode não ser percebida pelo sistema. Para reduzir esse problema, é necessário configurar um tempo de segurança adequado ou combinar o sensor PIR com outros sensores, como sensores ultrassônicos, sensores de luminosidade ou sensores de abertura de portas.

Outra limitação está relacionada à necessidade de instalação elétrica segura em aplicações reais. Embora o protótipo utilize LEDs de baixa tensão, uma versão aplicada a equipamentos reais exigiria componentes adequados, como módulos relé, disjuntores, proteção elétrica e acompanhamento técnico especializado.

16 Conclusão

O projeto EcoSense demonstra como a tecnologia pode ser utilizada para solucionar problemas cotidianos de maneira simples, acessível e eficiente. A partir da detecção automática de presença humana, o sistema contribui para evitar o desperdício de energia elétrica sem alterar a rotina dos usuários e sem substituir completamente o controle manual dos interruptores. A proposta apresenta relevância educacional, ambiental e social, pois une conceitos de eletrônica, programação, automação residencial, eficiência energética e sustentabilidade. Além disso, o projeto dialoga com o conceito de cidades inteligentes, uma vez que utiliza tecnologia para otimizar o consumo de recursos e melhorar a relação entre sociedade e meio ambiente. Conclui-se que o EcoSense representa uma alternativa viável para demonstrar, em escala reduzida, como sistemas inteligentes podem contribuir para residências e edifícios mais sustentáveis. Com aprimoramentos futuros, como integração com outros sensores e adaptação para instalações reais, o sistema pode tornar-se ainda mais eficiente e aplicável em diferentes contextos urbanos.

Referências

ARDUINO.Arduino Documentation. Disponível em:https://docs.arduino.cc/. Acesso em: 2 de junho de 2026. BRASIL. Ministério de Minas e Energia.Eficiência energética. Brasília: MME, 2024. INTERNATIONAL ENERGY AGENCY.Energy efficiency and energy savings. Paris: IEA, 2024. UNITED NATIONS.Sustainable cities and communities. New York: United Nations, 2024.

LEITURAS COMPLEMENTARES INDICADAS PELA EDIÇÃO

EcoSense

As indicações abaixo foram localizadas em fontes primárias e se relacionam ao tema do projeto. Não são atribuídas como bibliografia utilizada pelos estudantes. Outras indicações herdadas da curadoria, ainda não verificadas, constam apenas do quadro separado; a pertinência e a eventual incorporação ao argumento exigem validação dos autores. Não constituem certificação dos resultados do projeto.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Energy Efficiency 2025**. Paris, 2025. Disponível em: https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2025. Acesso em: 18 ago. 2026.

R11

ARTIGO / PROJETO

RESILIÊNCIA, CLIMA E ENERGIA

UrbanShield AI: Plataforma Inteligente de Simulação e Resposta a Emergências Urbanas para Smart Cities

Lucas Barberi Marasan, Eduardo Genari Brambilla e Rafael de Angelo Mirabeti

DESTAQUE EDITORIAL

A plataforma integra simulação, monitoramento, gêmeos digitais e apoio à decisão para explorar respostas coordenadas a emergências em cidades inteligentes.

DESCRITORES

emergências; gêmeo digital; resposta urbana; simulação; governança

Identificação nesta versão: Lucas Barberi Marasan, Eduardo Genari Brambilla e Rafael de Angelo Mirabeti. *UrbanShield AI: Plataforma Inteligente de Simulação e Resposta a Emergências Urbanas para Smart Cities*. In: *Conexões Colégio FECAP: Smart City*. Versão para avaliação institucional, 2026, p. 98–111.

Síntese de leitura elaborada pela edição a partir do documento disponível. Funcionalidades descritas não são, por si, evidência de implementação ou desempenho validado. A autoria segue a relação fornecida; conferências e divergências constam do controle separado.

TRABALHO DISCENTE

UrbanShield AI: Plataforma Inteligente de Simulação e Resposta a Emergências Urbanas para Smart Cities

Lucas Barberi Marasan, Eduardo Genari Brambilla e Rafael de Angelo Mirabeti

Curso técnico de Inteligência Artificial, Colégio FECAP, São Paulo, Brasil

Nota editorial sobre a natureza do trabalho. Arquitetura conceitual de simulação e apoio à decisão; não constitui implantação em serviços urbanos ou resultados de resposta a emergências. As afirmações científicas permanecem sob responsabilidade dos autores; validações e pendências específicas constam do controle separado.

RESUMO

Este artigo apresenta o UrbanShield AI, uma proposta de plataforma inteligente para simulação, monitoramento e apoio à decisão em emergências urbanas no contexto de cidades inteligentes. O problema de pesquisa investiga como sistemas baseados em Inteligência Artificial podem auxiliar gestores urbanos na tomada de decisão durante situações críticas, sem substituir a responsabilidade humana. Parte-se da hipótese de que sistemas inteligentes de simulação urbana podem melhorar significativamente a qualidade das decisões, reduzir o tempo de resposta, otimizar o uso de recursos escassos e mitigar impactos à população. A pesquisa adota abordagem bibliográfica, exploratória e descritiva, fundamentada em estudos sobre Smart Cities, Inteligência Artificial, sistemas de apoio à decisão, Human-in-the-Loop, gêmeos digitais, Internet das Coisas, visualização urbana e gestão de emergências. O artigo descreve as funcionalidades do UrbanShield AI, incluindo centro inteligente de operações, geração automática de ocorrências, r elatórios iniciais produzidos por IA, recomendações estratégicas, gestão de ambulâncias, bombeiros e polícia, simulação de impactos, efeitos em cascata, Cidade Viva em visualização 3D e relatório final de desempenho. Conclui -se que a integração entre IA, análise preditiva e interação homem -máquina pode contribuir para cidades mais resilientes, seguras e eficientes, desde que acompanhada por governança ética, transparência, proteção de dados e supervisão humana qualificada.

Palavras-chave: Inteligência Artificial; Smart Cities; Gestão de Emergências; Human -inthe- Loop; Gêmeos Digitais; Sistemas de Apoio à Decisão.

ABSTRACT

This article presents UrbanShield AI, an intelligent platform proposal for simulation, monitoring, and decision support in urban emergencies within the context of smart cities. The research problem examines how Artificial Intelligence systems can support u rban managers during critical events without replacing human responsibility. The central hypothesis is that intelligent urban simulation systems can significantly improve decisionmaking, reduce response time, optimize scarce emergency resources, and mitiga te impacts on the population. The study follows a bibliographic, exploratory, and descriptive approach based on literature concerning smart cities, Artificial Intelligence, decision support systems, Human-in-the-Loop, digital twins, Internet of Things, urban visualization, and emergency management. The paper describes UrbanShield AI's functionalities, including an intelligent urban operations center, automatic emergency generation, AI -generated initial reports, strategic recommendations, ambulance, fire, and police resource management, urban impact simulation, cascading effects, a Living City concept using 3D visualization, and a final performance report. The study concludes that the

integration of AI, predictive analytics, and human -machine interaction can support safer, more resilient, and more efficient cities, provided that ethical governance, transparency, data protection, and qualified human oversight are ensured.

Keywords: Artificial Intelligence; Smart Cities; Emergency Management; Human -in-theLoop; Digital Twins; Decision Support Systems.

1 INTRODUÇÃO

A urbanização contemporânea intensificou a complexidade dos sistemas urbanos. Cidades concentram população, infraestrutura crítica, fluxos econômicos, redes de transporte, sistemas energéticos, serviços de saúde, comunicação e segurança pública. Essa conce ntração torna o ambiente urbano simultaneamente produtivo e vulnerável, pois eventos como enchentes, incêndios, tempestades, acidentes de trânsito, panes elétricas, falhas em semáforos, emergências médicas coletivas e colapsos de infraestrutura podem gerar impactos sistêmicos em poucos minutos. Nesse cenário, a noção de cidade inteligente emerge como estratégia de transformação digital orientada ao uso de dados, sensores, conectividade, análise computacional e participação humana para aprimorar serviços púb licos e qualidade de vida (Caragliu; Del Bo; Nijkamp, 2011; Kitchin, 2014; International Organization for Standardization, 2019). O avanço da Inteligência Artificial (IA), da Internet das Coisas (IoT), da análise preditiva e dos gêmeos digitais amplia a capacidade de monitorar, modelar e simular dinâmicas urbanas. Entretanto, a simples disponibilidade de dados não garante decisões ad equadas. Em emergências, gestores enfrentam incerteza, pressão temporal, informações incompletas, limitações orçamentárias e necessidade de coordenação entre órgãos. A tomada de decisão requer interpretação contextual, avaliação de consequências, comunicaç ão clara e responsabilidade institucional. Por isso, a proposta deste artigo não considera a IA como substituta do ser humano, mas como componente de apoio estratégico em um arranjo Human - in-the-Loop, no qual a decisão final permanece sob responsabilidade humana (Shneiderman, 2022; Russell, 2019; Organisation for Economic Co -operation and Development, 2024). O problema de pesquisa que orienta este estudo é: como sistemas inteligentes baseados em Inteligência Artificial podem auxiliar gestores urbanos na tomada de decisão durante situações de emergência em Smart Cities? A hipótese adotada afirma que a utilização de sistemas inteligentes de simulação urbana pode melhorar significativamente a tomada de decisão em situações críticas, reduzindo impactos à população e otimizando a utilização dos recursos de emergência. O objetivo geral é desenvolver e analisar conceitualmente uma plataforma inteligente capaz de simular situações de emergência urbana, permitindo que gestores tomem decisões estratégicas com apoio da Inteligência Artificial. Os objetivos específicos são: apresentar conceitos de Smart Cities; explicar o uso da IA na gestão urbana; demonstrar a importância da interação homem-máquina; simular cenários de emergência; avaliar impactos das decisões humanas; e analisar a contribuição da IA como sistema de apoio à decisão. A contribuição central do artigo é a proposição do UrbanShield AI, uma plataforma de simulação e resposta a emergências urbanas que integra dados urbanos, visualização 3D, geração automática de ocorrências, recomendações inteligentes e avaliação contínua do desempenho decisório. A plataforma representa uma Cidade Viva, isto é, um ambiente urbano simulado que reage visualmente aos eventos: regiões escurecem durante apagões, fumaça aparece em incêndios, áreas alagadas surgem em enchentes, congestionamentos sã o formados por acidentes e veículos de emergência deslocam -se dinamicamente pelo mapa. Do ponto de vista acadêmico, a relevância do tema decorre da crescente interdependência entre sistemas urbanos e tecnologias digitais. A literatura sobre urbanismo inteligente indica que a tomada de decisão pública passa a depender de infraestruturas informacionais capazes de transformar dados heterogêneos em conhecimento operacional. Contudo, em situações de emergência, a abundância de dados pode produzir sobrecarga cognitiva, especialmente quando as informações são apresentadas de forma fragmentada. Assim, a pesquisa se justifica por investigar uma solução que articula análise computacional, representação espacial e supervisão humana em um mesmo ambiente sociotécnico. A delimitação do estudo concentra -se na modelagem conceitual da plataforma UrbanShield AI, não tendo como objetivo validar estatisticamente um protótipo implementado em ambiente real. Ainda assim, a proposta estabelece requisitos funcionais, critérios de avaliação e possibilidades de experimentação futura. Esse recorte é compatível com pesquisas exploratórias em tecnologia, nas quais a construção de modelos conceituais antecede ciclos de desenvolvimento, validação com usuários e testes de campo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Smart Cities e transformação digital urbana

Smart Cities podem ser compreendidas como cidades que utilizam tecnologias digitais, dados e capacidades institucionais para melhorar serviços públicos, sustentabilidade, mobilidade, segurança, governança e qualidade de vida. A literatura aponta que uma cidade inteligente não se reduz à instalação de sensores ou aplicativos, pois depende da articulação entre infraestrutura tecnológica, capital humano, governança, participação social e capacidade de resposta (Caragliu; Del Bo; Nijkamp, 2011; Batty, 2013). Assim, a inteligência urbana é produto de sistemas sociotécnicos nos quais pessoas, organizações, algoritmos e infraestruturas interagem continuamente. A norma ISO 37122 propõe indicadores para cidades inteligentes e reforça a importância de mensurar serviços urbanos, infraestrutura, segurança, mobilidade, energia, governança e inovação (International Organization for Standardization, 2019). Essa perspectiva é relevante para o UrbanShield AI porque a resposta a emergências depende de métricas verificáveis: tempo de chegada de ambulâncias, cobertura de bombeiros, disponibilidade de leitos, rotas bloqueadas, densidade populacional, vulnerabilidade de áreas e estado de ativos críticos. A transformação digital das cidades também exige atenção aos riscos de desigualdade tecnológica. Sistemas inteligentes podem ampliar capacidades públicas, mas também podem reproduzir assimetrias caso sejam implementados sem inclusão, transparência e auditoria. O relatório World Cities Report 2022 destaca que as cidades devem se preparar para choques e transitar para futuros urbanos sustentáveis e resilientes (United Nations Human Settlements Programme, 2022). Portanto, a tecnologia deve ser orientada à resiliência urbana e não apenas à eficiência operacional.

2.2 Inteligência Artificial aplicada à gestão urbana

A Inteligência Artificial envolve métodos computacionais capazes de reconhecer padrões, classificar eventos, prever comportamentos, otimizar recursos e apoiar decisões. Em gestão urbana, algoritmos de aprendizado de máquina podem analisar séries temporais de sensores, imagens de câmeras, dados meteorológicos, registros de trânsito, chamados de emergência e informações de infraestrutura. Modelos preditivos podem estimar probabilidade de alagamento, propagação de incêndio, formação de congestionamentos, sobrecarga hospitalar ou falhas em redes de energia (Goodfellow; Bengio; Courville, 2016; Provost; Fawcett, 2013). No UrbanShield AI, a IA é concebida como uma camada analítica. Ela não decide autonomamente o envio de recursos, a evacuação de bairros ou a interdição de vias. Em vez disso, calcula riscos, prevê consequências prováveis, identifica alternativas e apresenta recomendações justificadas. Essa distinção é fundamental em contextos de segurança pública, pois decisões emergenciais possuem implicações éticas, jurídicas e sociais. A IA deve apoiar o julgamento humano, aumentar a consciência situacional e reduzir a s obrecarga cognitiva, mas não eliminar a responsabilidade do gestor.

Em termos analíticos, a IA aplicada à gestão urbana pode ser compreendida em três níveis complementares. O primeiro é descritivo, pois organiza dados históricos e em tempo real para apresentar o estado atual da cidade. O segundo é preditivo, uma vez que estima a evolução de eventos e seus impactos prováveis. O terceiro é prescritivo, pois sugere alternativas de ação com base em critérios de risco, prioridade, disponibilidade de recursos e tempo de resposta. No UrbanShield AI, esses níveis são integrados para permitir que o gestor compare cenários, compreenda incertezas e escolha uma estratégia proporcional à gravidade da ocorrência.

2.3 Sistemas de apoio à decisão

Sistemas de apoio à decisão são ferramentas computacionais que auxiliam gestores na resolução de problemas semiestruturados, combinando dados, modelos e interfaces interativas (Keen; Scott Morton, 1978). Em emergências urbanas, esses sistemas precisam apresentar informações relevantes em tempo oportuno, permitir comparação de cenários e tornar explícitos os trade-offs entre alternativas. Por exemplo, enviar ambulâncias para uma região pode reduzir mortalidade imediata, mas deixar outra área descoberta; priorizar bombeiros em um incêndio pode atrasar resposta a um acidente; bloquear vias pode facilitar evacuação, mas aumentar

congestionamentos em corredores críticos. O UrbanShield AI adota essa lógica ao combinar relatórios iniciais, recomendações inteligentes, simulação de impactos e avaliação contínua. O valor do sistema está menos em indicar uma única resposta correta e mais em permitir que o gestor visualize consequências prováveis antes de agir. Desse modo, o sistema contribui para decisões mais informadas, consistentes e auditáveis.

2.4 Interação homem-máquina e Human-in-the-Loop

A interação homem-máquina é elemento decisivo em ambientes críticos. Interfaces mal projetadas podem gerar confusão, excesso de informação, confiança indevida no algoritmo ou rejeição de alertas importantes. A abordagem de IA centrada no ser humano defende que sistemas inteligentes devem ampliar capacidades humanas, preservar controle significativo e favorecer entendimento, confiança calibrada e responsabilização (Shneiderman, 2022). O conceito Human-in-the-Loop indica que o ser humano participa ativamente do ciclo de decisão. No UrbanShield AI, a IA analisa a situação e recomenda ações, mas o usuário decide. Esse modelo é coerente com princípios contemporâneos de governança de IA, que enfatizam supervisão humana, segurança, transparência, robustez, mitigação de vieses e respeito a direitos fundamentais (Organisation for Economic Co -operation and Development, 2024; National Institute of Standards and Technology, 2023). A plataforma, por tanto, deve exibir não apenas a recomendação, mas também seu nível de confiança, dados considerados, premissas, possíveis incertezas e consequências esperadas. 2.5 Gestão de emergências urbanas e resiliência

A gestão de emergências envolve prevenção, preparação, resposta e recuperação. O Marco de Sendai para Redução do Risco de Desastres 2015–2030 estabelece prioridades como compreender riscos, fortalecer governança, investir em redução de riscos e ampliar a preparação para resposta eficaz (United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2015). Em cidades, essas prioridades exigem integração entre defesa civil, saúde, transporte, energia, segurança pública, meio ambiente e comunicação social. A resiliência urbana refere-se à capacidade de um sistema urbano de absorver perturbações, adaptar-se e recuperar funções essenciais. Em engenharia de resiliência, sistemas seguros são aqueles que conseguem antecipar, monitorar, responder e aprender (Hollnagel et al., 2011). O UrbanShield AI incorpora essas quatro dimensões: antecipa por análise preditiva, monitora por dados simulados ou reais, responde por recomendações e aprende por relatórios de desempenho.

2.6 Simulação computacional, gêmeos digitais e IoT

A simulação computacional permite representar cenários complexos sem expor a população a riscos reais. Em ambiente urbano, simulações podem modelar mobilidade, evacuação, propagação de fumaça, inundação, falhas de energia, demanda por atendimento médico e interdependência entre infraestruturas. Os gêmeos digitais ampliam essa capacidade ao criar representações digitais de sistemas físicos que podem ser atualizadas por dados em tempo real (Grieves; Vickers, 2017; Tao et al., 2019; Fuller et al., 2020). A IoT fornece a base de coleta de dados por sensores, câmeras, dispositivos móveis, semáforos inteligentes, medidores de energia, estações meteorológicas e veículos conectados (Zanella et al., 2014). No UrbanShield AI, esses elementos podem ser utilizados de duas formas: em modo de treinamento, com dados simulados, e em modo operacional, com dados reais integrados a sistemas municipais. Em ambos os casos, o gêmeo digital funciona como laboratório urbano para avaliar estratégias antes ou durante a crise.

2.7 Visualização de dados urbanos

Visualizações eficazes transformam dados complexos em informação interpretável. Em emergências, painéis devem priorizar clareza, hierarquia visual, alertas críticos, mapas, linhas do tempo, indicadores de recursos e explicações compreensíveis (Tufte, 2001; Few, 2006). A visualização 3D proposta para o UrbanShield AI não tem função meramente estética; ela melhora a percepção espacial dos eventos e facilita a compreensão de efeitos territoriais, como expansão de alagamentos, bloqueios viários, áreas sem energia e deslocamento de equipes. 3 METODOLOGIA

A metodologia adotada é bibliográfica, exploratória e descritiva. A dimensão bibliográfica fundamenta-se em livros, artigos científicos, normas, relatórios institucionais e estudos relacionados a Smart Cities, Inteligência

Artificial, gestão de emergências, sistemas de apoio à decisão, gêmeos digitais, IoT, visualização de dados, Human-in-the-Loop e resiliência urbana. A dimensão exploratória justifica-se porque o UrbanShield AI é apresentado como proposta conceitual de plataforma, visando organizar requisi tos, funcionalidades e possibilidades de aplicação. A dimensão descritiva aparece na caracterização dos módulos do sistema, dos fluxos de decisão e dos cenários simulados. O percurso metodológico foi estruturado em cinco etapas. A primeira consistiu na delimitação do problema de pesquisa, da hipótese e dos objetivos. A segunda envolveu o levantamento bibliográfico e a seleção de referenciais teóricos pertinentes à transforma ção digital das cidades, à governança de IA e à gestão de riscos urbanos. A terceira etapa correspondeu à definição dos requisitos conceituais da plataforma, considerando usuários, dados de entrada, tipos de emergência, recursos disponíveis e critérios de decisão. A quarta etapa descreveu a arquitetura funcional do UrbanShield AI, contemplando módulos de coleta de dados, simulação, recomendação, visualização e avaliação. A quinta etapa sistematizou resultados esperados, limitações, desafios técnicos, desafi os éticos e impactos sociais. Como estratégia de análise, foram definidos três eixos interpretativos. O primeiro eixo é tecnológico, voltado à identificação dos recursos computacionais necessários para simular eventos urbanos e apoiar decisões. O segundo eixo é organizacional, relacion ado à coordenação entre defesa civil, saúde, segurança pública, trânsito e infraestrutura. O terceiro eixo é ético-social, orientado à preservação da responsabilidade humana, à transparência algorítmica, à proteção de dados e à equidade no atendimento da p opulação. Por se tratar de uma proposta conceitual, o artigo não apresenta validação empírica com usuários reais. Todavia, propõe métricas para futuras avaliações: tempo médio de resposta, taxa de atendimento de ocorrências críticas, número de vítimas simuladas, cob ertura territorial dos recursos, custo operacional, precisão das previsões, aderência às recomendações da IA, nível de compreensão do usuário, taxa de falsos alertas, qualidade da priorização de recursos e índice de resiliência do cenário. Para uma etapa posterior de validação, recomenda -se a realização de estudos de caso simulados com gestores, analistas de defesa civil e operadores de centros de controle urbano. Nessa etapa, seria possível comparar o desempenho decisório em dois grupos: um grupo utilizando apenas painéis convencionais e outro grupo utilizando o UrbanShield AI. A comparação permitiria observar diferenças em tempo de resposta, consistência das decisões, compreensão do cenário, percepção de confiança e capacidade de antecipar efeitos em cascata. 3.1 Protocolo proposto de validação futura

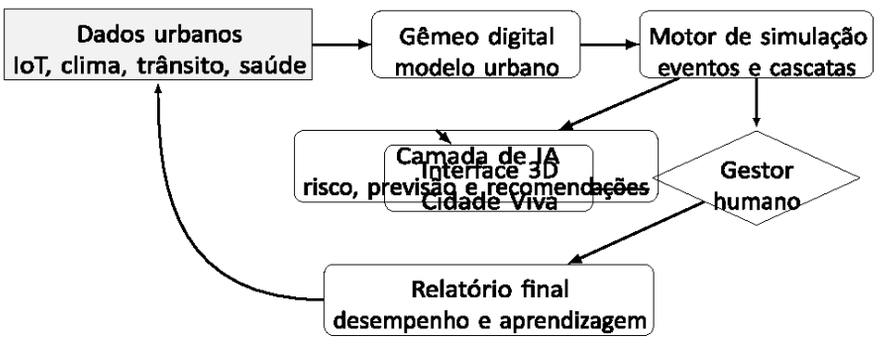
Para avançar de uma proposta conceitual para uma solução empiricamente testável, recomenda-se um protocolo de validação em três fases. A primeira fase corresponde à validação técnica, na qual especialistas verificam consistência das regras de simulação, integridade dos dados, desempenho computacional e coerência dos efeitos em cascata. A segunda fase consiste na validação com usuários, envolvendo gestores urbanos, defesa civil, bombeiros, profissionais de saúde e operadores de trânsito. Nessa etapa, podem ser aplicados questionários de usabilidade, entrevistas semiestruturadas e análise de tarefas. A terceira fase envolve experimentos comparativos, nos quais grupos resolvem cenários equivalentes com e sem apoio da IA. Esse protocolo permitiria verificar se o UrbanShield AI realmente melhora a consciência situacional, reduz o tempo de resposta e qualifica a priorização de recursos. Também possibilitaria identificar problemas de interface, excesso de alertas, recomendações pouco explicáveis ou dificuldades de interpretação por parte dos usuários. Assim, a validação deve contemplar tanto desempenho técnico quanto aceitabilidade social e organizacional.

4 DESENVOLVIMENTO: PROPOSTA DO URBANSHIELD AI

4.1 Visão geral da plataforma

O UrbanShield AI é uma plataforma inteligente de simulação de emergências urbanas para Smart Cities. O usuário assume o papel de gestor urbano responsável por coordenar respostas a eventos críticos. A plataforma gera ocorrências aleatórias ou parametrizadas, apresenta relatórios iniciais, recomenda estratégias e simula os efeitos das decisões ao longo do tempo. A IA atua como assistente estratégico, enquanto a decisão final permanece humana. A arquitetura conceitual pode ser organizada em cinco camadas: coleta e integração de dados; modelagem urbana e gêmeo digital; motor de simulação; camada de IA e recomendações; e interface interativa de visualização. Essas camadas permitem combinar eventos, recursos e consequências em uma

experiência decisória dinâmica. A Figura 1 sintetiza a lógica sociotécnica da plataforma. Os dados urbanos alimentam o gêmeo digital, que representa a cidade em estado operacional. O motor de simulação projeta a evolução das emergências, enquanto a camada de IA transforma informações brutas em análise de risco, previsão e recomendações. A interface 3D comunica a situação ao gestor, que permanece responsável pela decisão. Ao final da simulação, o relatório de desempenho retroalimenta o processo de aprendizagem institucional.



Elemento gráfico da fonte. Arquitetura conceitual do UrbanShield AI.
Fonte: documento original do projeto, p. 13. Recorte do elemento científico, sem alteração dos dados.

Figura 1: Arquitetura conceitual do UrbanShield AI.

Tabela 1: Camadas conceituais do UrbanShield AI

Camada	Função principal
Dados urbanos	Integra registros de sensores, mapas, clima, trânsito, hospitais, energia, segurança e infraestrutura.
Gêmeo digital	Representa ruas, bairros, edifícios, redes críticas, população estimada e recursos públicos.
Simulação	Gera emergências, evolução temporal, impactos, propagação espacial e efeitos em cascata.
IA e recomendações	Analisa riscos, estima consequências, prioriza alternativas e produz alertas explicáveis.
Interface e Cidade Viva	Exibe mapas, indicadores, visualização 3D, relatórios, decisões e desempenho do usuário.

Fonte: documento original do projeto; dados e natureza das afirmações mantidos.

4.2 Requisitos funcionais e não funcionais

A proposta do UrbanShield AI pressupõe requisitos funcionais e não funcionais. Entre os requisitos funcionais, destacam-se: cadastro de mapas e zonas urbanas; parametrização de recursos emergenciais; geração automática ou manual de ocorrências; simulação temporal dos impactos; emissão de relatórios pela IA; recomendação de estratégias; registro das decisões humanas; e produção de relatório final. Esses requisitos permitem que a plataforma funcione tanto como ambiente de treinamento quanto como instrumento de apoio ao planejamento. Os requisitos não funcionais envolvem desempenho, confiabilidade, segurança, usabilidade, auditabilidade e interoperabilidade. O sistema deve apresentar respostas em tempo compatível com a gravidade das emergências, manter logs de decisões, proteger dados sensíveis e permitir integração com bases municipais. A auditabilidade é particularmente relevante, pois decisões tomadas em crises precisam ser posteriormente explicadas, avaliadas e aperfeiçoadas. Além disso, a interface deve ser compreensível para usuários não especialistas em IA, evitando que a complexidade algorítmica dificulte a operação.

4.3 Fluxo operacional da tomada de decisão

O fluxo operacional proposto inicia-se com a identificação ou geração de uma emergência. Em seguida, a plataforma coleta dados contextuais, estima severidade e produz relatório inicial. A IA calcula possíveis consequências, identifica recursos disponíveis e sugere alternativas. O gestor humano avalia as recomendações, decide a estratégia e aciona os recursos. Após a decisão, o motor de simulação atualiza o ambiente urbano e calcula novos impactos. Esse ciclo se repete até a estabilização do evento. Esse fluxo reforça o princípio Human-in-the-Loop, pois a IA participa de todas as etapas analíticas, mas não substitui a decisão humana. A cada rodada, o usuário pode aceitar, rejeitar ou adaptar as recomendações. O sistema registra essas escolhas, possibi litando avaliação posterior do desempenho decisório e aprendizagem institucional.

4.4 Critérios de priorização

A priorização de emergências deve considerar critérios multidimensionais. Entre eles estão risco à vida, número estimado de pessoas afetadas, vulnerabilidade social da área, proximidade de infraestrutura crítica, disponibilidade de recursos, tempo estimado de deslocamento, probabilidade de propagação e possibilidade de efeito cascata. A recomendação da IA deve tornar explícito o peso desses critérios para evitar decisões opacas. Em uma enchente, por exemplo, o sistema pode priorizar regiões com idosos, hospitais, escolas ou baixa capacidade de evacuação. Em um incêndio, pode priorizar áreas com alta densidade populacional e maior risco de propagação. Em um acidente de trânsito, pode considerar bloqueios viários que prejudiquem ambulâncias ou bombeiros. Assim, a priorização não se restringe à proximidade geográfica, mas incorpora risco, vulnerabilidade e impacto sistêmico.

4.5 Centro Inteligente de Operações Urbanas

O Centro Inteligente de Operações Urbanas é o painel principal do sistema. Ele reúne mapa 3D, lista de ocorrências, indicadores de severidade, disponibilidade de recursos, alertas de IA, linha do tempo e canais de decisão. Em vez de apresentar dados dispersos, o centro organiza informações por prioridade operacional. Os principais indicadores incluem: nível de risco por bairro; número de pessoas potencialmente afetadas; tempo estimado de resposta; disponibilidade de ambulâncias, bombeiros e viaturas; rotas bloqueadas; hospitais próximos; previsão meteorológica; probabilidade de agravamento; e status de infraestrutura crítica. O usuário pode selecionar uma ocorrência e visualizar alternativas de ação, cada uma acompanhada por estimativa de impacto.

4.6 Geração automática de emergências

A plataforma gera automaticamente ocorrências como incêndios, enchentes, tempestades, acidentes de trânsito, falhas de energia, pane em semáforos, emergências médicas em massa e falhas em infraestrutura urbana. A geração pode seguir distribuição aleatória simples ou parâmetros baseados em risco, como densidade populacional, histórico de incidentes, vulnerabilidade ambiental e condições climáticas. Um exemplo prático ocorre quando uma tempestade intensa aumenta a probabilidade de alagamento em áreas baixas, queda de energia em bairros periféricos e acidentes em vias expressas. O sistema pode iniciar com um evento principal e, em seguida, produzir eventos secundários coerentes com o cenário. Essa dinâmica torna o treinamento mais realista, pois emergências urbanas raramente permanecem isoladas.

Tabela 2: Exemplos de cenários simulados pelo UrbanShield AI

Cenário / indicadores monitorados	Resposta simulada	Risco associado
Incêndio urbano — fumaça, vento, densidade populacional, proximidade de escolas e hospitais	Envio de bombeiros, bloqueio viário, evacuação parcial	Propagação e intoxicação por fumaça

Cenário / indicadores monitorados	Resposta simulada	Risco associado
Enchente — nível de água, chuva acumulada, áreas baixas, rotas bloqueadas	Abertura de abrigos, evacuação, desvio de tráfego	Isolamento de bairros e perdas materiais
Acidente de trânsito — fluxo viário, vítimas estimadas, ambulâncias próximas, hospitais disponíveis	Despacho de ambulâncias, polícia e reprogramação semafórica	Congestionamento e atraso no atendimento
Apagão — regiões sem energia, infraestrutura crítica, semáforos afetados	Priorização de hospitais, equipes de manutenção e rotas críticas	Efeito cascata em mobilidade e saúde
Emergência médica em massa — número estimado de vítimas, leitos, ambulâncias e tempo de transporte	Triagem, redistribuição hospitalar e reforço logístico	Sobrecarga do sistema de saúde

Fonte: documento original do projeto; dados e natureza das afirmações mantidos.

A Tabela 2 demonstra que os cenários não são tratados como eventos isolados. Cada ocorrência possui indicadores próprios, respostas simuladas e riscos associados. Essa estrutura favorece análises comparativas e permite que o usuário compreenda como uma decisão pontual pode afetar mobilidade, saúde, segurança pública e infraestrutura urbana.

4.7 Relatórios iniciais produzidos pela IA

Ao detectar ou gerar uma emergência, a IA produz um relatório inicial contendo tipo de ocorrência, localização, severidade, população exposta, ativos críticos próximos, recursos disponíveis, riscos imediatos e possíveis desdobramentos. O relatório não determina a ação do gestor; ele organiza a situação para reduzir incerteza inicial. Em um incêndio em região comercial, por exemplo, o relatório pode indicar presença de edifícios altos, proximidade de escola, risco de propagação por vento, hidrantes próximos, tempo estimado dos bombeiros e necessidade potencial de evacuação. Em uma enchente, pode indicar profundidade estimada, rotas comprometidas, abrigos disponíveis, hospitais vulneráveis e previsão de chuva nas próximas horas.

4.8 Sistema de recomendações inteligentes

O sistema de recomendações inteligentes sugere alternativas de resposta. As recomendações podem envolver envio de recursos, bloqueio de vias, evacuação preventiva, abertura de abrigos, redistribuição de ambulâncias, acionamento de hospitais, comunicação pública, priorização de semáforos e mobilização da defesa civil. Cada recomendação deve ser acompanhada de justificativa. Por exemplo, pode-se recomendar o deslocamento de duas ambulâncias ao bairro Norte quando a estimativa de vítimas é elevada, o hospital regional está próximo e a rota principal permanece desbloqueada. Essa explicabilidade é essencial para confiança calibrada. O usuário pode aceitar, modificar ou rejeitar a recomendação, e o sistema registra a decisão para avaliação posterior.

4.9 Gestão de recursos limitados

Emergências urbanas envolvem recursos limitados. O UrbanShield AI simula escassez de ambulâncias, bombeiros, policiais, equipes de manutenção, leitos hospitalares e veículos de evacuação. O gestor precisa priorizar ações considerando gravidade, distância, tempo de resposta e risco de agravamento. A plataforma pode utilizar modelos de otimização para sugerir alocação de recursos, mas sempre submetendo a decisão ao usuário. A gestão de recursos limitados revela dilemas reais: concentrar recursos em evento de grande severidade pode deixar regiões sem cobertura; distribuir recursos igualmente pode reduzir eficácia; aguardar mais informações pode evitar erro, mas aumentar danos.

4.10 Mobilização de ambulâncias, bombeiros e polícia

A mobilização de ambulâncias, bombeiros e polícia ocorre por meio de comandos operacionais no mapa. O usuário seleciona unidades, define destino e acompanha deslocamento em tempo real simulado. A IA calcula rotas considerando trânsito, bloqueios, semáforos, alagamentos, áreas de risco e prioridade viária. Ambulâncias são orientadas por proximidade, gravidade das vítimas e capacidade hospitalar. Bombeiros são direcionados conforme tipo de incêndio, risco de propagação, acesso a água e necessidade de resgate. A polícia atua em isolamento de áreas, controle de tráfego, segurança de evacuação e apoio logístico. A coordenação interagências é um dos pontos centrais da plataforma.

4.11 Simulação de impactos urbanos

A simulação de impactos estima consequências das decisões ao longo do tempo. Indicadores como vítimas, danos materiais, congestionamento, tempo de resposta, área afetada, consumo de recursos e interrupção de serviços são atualizados dinamicamente. O objetivo é permitir que o usuário perceba relações causais entre decisão e resultado. Se o gestor demora a enviar bombeiros, a área de fumaça aumenta e a evacuação torna-se mais difícil. Se bloqueia uma avenida sem rota alternativa, o congestionamento pode atrasar ambulâncias. Se abre abrigo em local inadequado, a população deslocada pode enfrentar risco adicional. Esses efeitos ajudam a transformar o sistema em ambiente de aprendizagem.

4.12 Sistema de efeito cascata entre eventos

O efeito cascata representa a interdependência entre eventos urbanos. Uma tempestade pode causar queda de energia; a queda de energia pode desligar semáforos; a pane semafórica pode provocar acidentes; os acidentes podem bloquear ambulâncias; o atraso das ambulâncias pode aumentar vítimas; e a sobrecarga hospitalar pode gerar nova crise. Essa lógica é essencial para Smart Cities porque infraestruturas urbanas são interdependentes. O UrbanShield AI modela essas relações por regras, probabilidades e dependências espaciais. A IA identifica quando uma ocorrência tende a desencadear outra e alerta o gestor antes que a crise se amplie. Assim, o sistema apoia decisões preventivas, não apenas reativas.

4.13 Avaliação contínua das decisões do usuário

Durante a simulação, a plataforma avalia continuamente as decisões do usuário. A avaliação considera tempo de resposta, adequação da alocação de recursos, redução de danos, proteção da população, uso eficiente de rotas, coordenação entre órgãos e aderência a protocolos. A avaliação não deve ser punitiva, mas formativa, permitindo aprendizagem e melhoria de desempenho. O sistema pode atribuir pontuações por dimensão, como eficiência, segurança, equidade, comunicação e resiliência. Também pode comparar a decisão tomada com cenários alternativos simulados. Essa comparação ajuda o gestor a compreender o que poderia ter ocorrido caso outra estratégia tivesse sido adotada.

4.14 Relatório final de desempenho

Ao término da simulação, o UrbanShield AI gera relatório final com resumo da crise, linha do tempo, decisões tomadas, recomendações aceitas ou rejeitadas, recursos utilizados, impactos evitados, falhas, oportunidades de melhoria e indicadores finais. O relatório pode servir para treinamento, auditoria, pesquisa acadêmica e planejamento municipal. Um relatório final robusto deve conter: mapa de áreas afetadas; gráfico temporal de severidade; tabela de recursos mobilizados; análise de tempo de resposta; comparação entre ações humanas e recomendações da IA; principais gargalos; e plano de melhoria. Dessa forma, a plataforma transforma simulações em conhecimento institucional.

4.15 Matriz de avaliação do desempenho decisório

Para fins de avaliação acadêmica e operacional, o UrbanShield AI pode empregar uma matriz de desempenho composta por cinco dimensões: eficiência, efetividade, segurança, equidade e explicabilidade. A eficiência refere-se ao tempo e ao custo operacional da resposta. A efetividade avalia se a ação reduziu danos, vítimas e propagação da crise. A segurança considera a proteção da população e das equipes de emergência. A equidade verifica se áreas vulneráveis receberam atenção proporcional ao risco. A explicabilidade observa se as recomendações foram compreensíveis, justificadas e auditáveis. Essa matriz permite que o relatório final vá além de uma pontuação genérica. O gestor pode ter bom desempenho em eficiência, mas baixo desempenho em equidade caso concentre recursos apenas em regiões centrais. Da mesma forma, uma decisão pode ser rápida, porém insegura, se expuser equipes a áreas instáveis. A avaliação multidimensional torna o treinamento mais próximo da complexidade da administração pública e evita reduzir a tomada de decisão a uma métrica única.

5 CIDADE VIVA: VISUALIZAÇÃO 3D E REAÇÃO DINÂMICA DO AMBIENTE URBANO

O conceito de Cidade Viva representa uma cidade digital que reage visualmente às emergências. Diferentemente de mapas estáticos, a Cidade Viva torna os eventos perceptíveis em tempo real simulado. Em apagões, regiões ficam escuras; em incêndios, colunas de fumaça e áreas de calor aparecem; em enchentes, ruas e praças tornamse alagadas; em acidentes, congestionamentos surgem e se expandem; em falhas de semáforos, cruzamentos ficam instáveis; e veículos de emergência deslocam-se pelo mapa com trajetórias visíveis. A visualização 3D contribui para consciência situacional. Gestores podem compreender a proximidade entre escola e incêndio, a barreira física criada por alagamento, a dificuldade de acesso a hospital ou a concentração de pessoas em área vulnerável. A representação espacial reduz abstrações e aproxima o usuário da complexidade urbana. A Cidade Viva também permite simular comunicação pública. Alertas podem aparecer em painéis virtuais, aplicativos de cidadãos, sirenes digitais e rotas de evacuação. O sistema pode mostrar como a população reage: deslocando-se para abrigos, evitando áreas bloqueadas ou concentrando-se em pontos críticos. Essa dimensão é importante porque emergências não envolvem apenas infraestrutura, mas comportamento humano coletivo.

6 RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se que o UrbanShield AI contribua para melhoria da tomada de decisão em emergências urbanas. Ao fornecer relatórios estruturados, recomendações explicáveis e simulações de impacto, a plataforma pode reduzir a incerteza e apoiar escolhas mais rápidas e fundamentadas. Em treinamento, usuários podem desenvolver competências de priorização, coordenação, leitura de cenários e avaliação de consequências. Outro resultado esperado é a redução do tempo de resposta. A integração entre mapa, recursos, rotas e previsões permite identificar a unidade mais adequada e o caminho mais eficiente. Embora simulações não garantam automaticamente desempenho real, elas criam base para planejamento, testes de protocolos e identificação de gargalos. A plataforma também tende a melhorar a utilização dos recursos urbanos. Em vez de mobilizar equipes de forma reativa e fragmentada, o gestor pode visualizar demandas concorrentes e distribuir recursos conforme criticidade. Isso é especialmente relevante quando ambulâncias, bombeiros e polícia são insuficientes para atender todas as ocorrências simultaneamente. Espera-se ainda maior proteção da população. Ao antecipar efeitos em cascata, sugerir evacuações e identificar áreas vulneráveis, o sistema pode apoiar ações preventivas. Em enchentes, por exemplo, alertas antecipados podem reduzir exposição; em incêndios, evacuação rápida pode diminuir vítimas; em apagões, priorização de hospitais e semáforos críticos pode preservar serviços essenciais. Por fim, o UrbanShield AI demonstra aplicação prática da IA em cidades inteligentes e contribui para resiliência urbana. A plataforma funciona como ambiente de aprendizagem, planejamento e experimentação, permitindo que gestores testem decisões antes que crises reais ocorram. Além dos resultados operacionais, espera-se que a plataforma gere resultados pedagógicos e institucionais. No plano pedagógico, o UrbanShield AI pode ser utilizado em capacitações, permitindo que gestores aprendam a lidar com pressão temporal, recursos escassos e cenários ambíguos. No plano institucional, os relatórios finais podem subsidiar revisão de protocolos, identificação de vulnerabilidades urbanas e planejamento de investimentos em infraestrutura crítica. Outro resultado esperado é o

fortalecimento da governança baseada em evidências. Ao registrar decisões, recomendações, tempos de resposta e impactos simulados, a plataforma cria uma base de conhecimento que pode ser analisada posteriormente por equipes técnicas. Esse processo contribui para transformar experiências isoladas em aprendizado organizacional, favorecendo políticas públicas mais consistentes e transparentes.

7 DISCUSSÃO

7.1 Vantagens

A principal vantagem do UrbanShield AI é integrar dados, IA, simulação e visualização em um único ambiente decisório. Essa integração favorece consciência situacional e reduz fragmentação informacional. Outra vantagem é o uso de simulação para treinamento, pois gestores podem experimentar decisões em ambiente seguro, sem risco à população. A abordagem Human-in-the-Loop também representa vantagem institucional. Ao manter o ser humano no centro da decisão, a plataforma evita automatização irresponsável e preserva julgamento contextual. A IA torna -se assistente estratégico, capaz de processar grandes volumes de dados, mas sem eliminar a responsabilidade humana.

7.2 Limitações

A plataforma possui limitações. A qualidade das recomendações depende da qualidade dos dados. Dados desatualizados, incompletos ou enviesados podem gerar análises inadequadas. Modelos de IA também podem apresentar erros, baixa generalização e dificuldade de explicar relações causais complexas.

Outra limitação é a diferença entre simulação e realidade. Nenhum modelo reproduz integralmente comportamento humano, condições ambientais, falhas institucionais e improvisações de campo. Portanto, o UrbanShield AI deve ser usado como apoio e treinamento, não como representação perfeita da cidade. Outra limitação relevante refere-se à dependência de infraestrutura digital. Em situações críticas, sensores, redes de comunicação e serviços de nuvem podem falhar. Por isso, o sistema deve prever modos degradados de operação, nos quais decisões possam ser apoiadas por dados parciais, rotinas offline ou estimativas conservadoras. Essa condição reforça a necessidade de redundância tecnológica e de protocolos humanos independentes da automação.

7.3 Desafios técnicos

Os desafios técnicos incluem integração de sistemas municipais heterogêneos, atualização em tempo real, interoperabilidade, segurança cibernética, escalabilidade, modelagem de efeitos em cascata, precisão de dados geográficos e desempenho de visualização 3D. Além disso, a plataforma precisa funcionar sob condições de crise, quando redes podem estar instáveis e dados podem chegar com atraso. A construção de gêmeos digitais urbanos também exige manutenção constante. Ruas mudam, obras alteram rotas, hospitais modificam capacidade, sensores falham e padrões populacionais variam. Sem governança de dados, o gêmeo digital torna-se rapidamente obsoleto.

7.4 Desafios éticos

Os desafios éticos envolvem privacidade, vigilância, viés algorítmico, transparência, explicabilidade e responsabilização. Sistemas de emergência podem usar dados sensíveis, como localização de pessoas, imagens de câmeras, informações de saúde e registros de mobilidade. É indispensável adotar minimização de dados, controle de acesso, anonimização quando possível e conformidade com normas de proteção de dados. Há também risco de confiança excessiva na IA. Recomendações com aparência técnica podem ser aceitas sem reflexão crítica. Por isso, a interface deve comunicar incertezas, limitações e alternativas. A supervisão humana deve ser significativa, não meramente formal.

7.5 Impactos sociais

Socialmente, o UrbanShield AI pode fortalecer a capacidade pública de resposta e aumentar a segurança urbana. Entretanto, sua implementação deve evitar ampliar desigualdades. Bairros com menor cobertura de sensores não podem ser invisibilizados;

populações vulneráveis devem ser consideradas na modelagem; e critérios de priorização devem ser transparentes. A participação social também é relevante. Moradores, defesa civil, equipes de saúde, bombeiros, polícia, gestores e pesquisadores podem contribuir para validar cenários e melhorar protocolos. Assim, a plataforma deve ser compreendida como instrumento de governança urbana colaborativa, não apenas como produto tecnológico. 7.6 Governança, transparência e responsabilidade

A implementação do UrbanShield AI exige uma estrutura de governança capaz de definir papéis, responsabilidades e limites de uso da IA. Recomenda-se que toda recomendação algorítmica seja acompanhada por justificativa textual, variáveis consideradas, grau de confiança e possíveis alternativas. Também é necessário registrar as decisões humanas, permitindo auditoria posterior e identificação de padrões de erro ou acerto. A governança deve prever mecanismos de revisão periódica dos modelos, atualização das bases de dados, controle de acesso, proteção contra uso indevido e monitoramento de vieses. Em cidades marcadas por desigualdades territoriais, a ausência de dados em determinadas regiões pode produzir recomendações menos precisas justamente para populações mais vulneráveis. Portanto, a qualidade da IA depende não apenas de algoritmos, mas também de políticas de dados inclusivas e de mecanismos institucionais de controle.

7.7 Implicações para políticas públicas

A adoção de plataformas como o UrbanShield AI possui implicações diretas para políticas públicas urbanas. Em primeiro lugar, exige integração institucional entre secretarias, concessionárias, serviços de emergência e órgãos de planejamento. Em segundo lugar, demanda políticas de governança de dados que definam responsabilidades, padrões de interoperabilidade e mecanismos de proteção da privacidade. Em terceiro lugar, requer capacitação continuada dos servidores, uma vez que a eficácia do sistema depende da interpretação adequada das recomendações e da capacidade de coordenar respostas intersetoriais. Do ponto de vista da gestão pública, a plataforma pode contribuir para uma administração mais preventiva. Ao simular cenários antes da ocorrência de crises reais, gestores podem identificar bairros vulneráveis, gargalos logísticos e insuficiência de recursos. Isso permite orientar investimentos em drenagem, mobilidade, energia, saúde, comunicação e defesa civil com base em evidências.

8 CONCLUSÃO

Este artigo apresentou o UrbanShield AI, uma plataforma inteligente de simulação e resposta a emergências urbanas baseada em Inteligência Artificial para Smart Cities. O estudo partiu do problema de como sistemas inteligentes podem auxiliar gestores urbanos na tomada de decisão em situações críticas e defendeu a hipótese de que simulações urbanas inteligentes podem reduzir impactos à população, otimizar recursos e melhorar a qualidade das decisões. A fundamentação teórica demonstrou que Smart Cities, IA, sistemas de apoio à decisão, Human-in-the-Loop, gêmeos digitais, IoT, visualização de dados e resiliência urbana são conceitos complementares. A proposta do UrbanShield AI articula esses elementos em uma plataforma na qual a IA analisa riscos, prevê consequências, gera recomendações, acompanha a evolução da crise e avalia ações do usuário, sem substituir a decisão humana. A descrição das funcionalidades evidenciou a importância de um Centro Inteligente de Operações Urbanas, geração automática de emergências, relatórios iniciais, recomendações explicáveis, gestão de recursos limitados, mobilização de ambulâncias, bombeiros e polícia, simulação de impactos, efeitos em cascata, avaliação contínua e relatório final de desempenho. O conceito de Cidade Viva reforçou o papel da visualização 3D na compreensão dos efeitos territoriais das emergências. Conclui-se que sistemas inteligentes como o UrbanShield AI podem contribuir para cidades mais seguras, resilientes e eficientes, desde que sejam desenvolvidos com responsabilidade técnica, ética e social. A colaboração entre seres humanos e Inteligência Artificial deve ser compreendida como eixo central da administração de crises urbanas, pois a IA amplia a

capacidade analítica, enquanto o gestor preserva a responsabilidade normativa, contextual e institucional da decisão. Como continuidade da pesquisa, recomenda-se implementar um protótipo funcional, realizar testes com gestores, comparar cenários com e sem apoio da IA e avaliar empiricamente impactos sobre tempo de resposta, qualidade decisória e aprendizagem institucional. Também se recomenda investigar mecanismos de explicabilidade, métodos de auditoria algorítmica, critérios de priorização equitativa e estratégias de participação social na definição dos cenários simulados. Desse modo, o UrbanShield AI pode evoluir de proposta conceitual para instrumento de pesquisa aplicada, treinamento governamental e inovação pública orientada à resiliência urbana.

REFERÊNCIAS

BATTY, Michael. The New Science of Cities. Cambridge: MIT Press, 2013.

CARAGLIU, Andrea; DEL BO, Chiara; NIJKAMP, Peter. Smart Cities in Europe.

Journal of Urban Technology, v. 18, n. 2, p. 65–82, 2011. DOI: 10.1080/10630732.2011.601117.

FEW, Stephen. Information Dashboard Design. Sebastopol: O'Reilly Media, 2006.

FULLER, Aidan et al. Digital Twin: Enabling Technologies, Challenges and Open Research. IEEE Access, v. 8, p. 108952–108971, 2020. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2998358.

GOODFELLOW, Ian; BENGIO, Yoshua; COURVILLE, Aaron. Deep Learning. Cambridge: MIT Press, 2016.

GRIEVES, Michael; VICKERS, John. Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems. Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems, p. 85–113, 2017. DOI: 10.1007/978-3-319-38756-7_4.

HOLLNAGEL, Erik et al. Resilience Engineering in Practice: A Guidebook. Farnham: Ashgate, 2011.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 37122:2019 Sustainable Cities and Communities: Indicators for Smart Cities. Geneva: [s. n.], 2019.

KEEN, Peter G. W.; SCOTT MORTON, Michael S. Decision Support Systems: An Organizational Perspective. Reading: Addison-Wesley, 1978.

KITCHIN, Rob. The Real-Time City? Big Data and Smart Urbanism. GeoJournal, v. 79, n. 1, p. 1–14, 2014. DOI: 10.1007/s10708-013-9516-8.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. Artificial Intelligence Risk Management Framework (AI RMF 1.0). Gaithersburg: [s. n.], 2023.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. OECD Artificial Intelligence Principles. Paris, 2024.

PROVOST, Foster; FAWCETT, Tom. Data Science for Business. Sebastopol: O'Reilly Media, 2013.

RUSSELL, Stuart. Human Compatible: Artificial Intelligence and the Problem of Control. New York: Viking, 2019.

SHNEIDERMAN, Ben. Human-Centered AI. Oxford: Oxford University Press, 2022.

TAO, Fei et al. Digital Twin in Industry: State-of-the-Art. IEEE Transactions on Industrial Informatics, v. 15, n. 4, p. 2405–2415, 2019. DOI: 10.1109/TII.2018.2873186.

TUFTE, Edward R. The Visual Display of Quantitative Information. Cheshire: Graphics Press, 2001.

UNITED NATIONS HUMAN SETTLEMENTS PROGRAMME. World Cities Report 2022: Envisaging the Future of Cities. Nairobi, 2022.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION. Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030. Geneva, 2015.

ZANELLA, Andrea et al. Internet of Things for Smart Cities. IEEE Internet of Things Journal, v. 1, n. 1, p. 22–32, 2014. DOI: 10.1109/JIOT.2014.2306328.

LEITURAS COMPLEMENTARES INDICADAS PELA EDIÇÃO

UrbanShield AI

As indicações abaixo foram localizadas em fontes primárias e se relacionam ao tema do projeto. Não são atribuídas como bibliografia utilizada pelos estudantes. Outras indicações herdadas da curadoria, ainda não verificadas, constam apenas do quadro separado; a pertinência e a eventual incorporação ao argumento exigem validação dos autores. Não constituem certificação dos resultados do projeto.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. **Artificial Intelligence Risk Management Framework, AI RMF 1.0**. Gaithersburg, 2023. DOI: 10.6028/NIST.AI.100-1.

UNITED NATIONS HUMAN SETTLEMENTS PROGRAMME. **World Cities Report 2022: Envisaging the Future of Cities**. Nairobi, 2022. Disponível em: https://unhabitat.org/wcr/. Acesso em: 18 ago. 2026.

02

Mobilidade e infraestrutura inteligente

Câmeras, modelos de detecção e dados operacionais ajudam a compreender fluxos e redesenhar deslocamentos.

PROJETOS NESTE DOSSIÊ

CogniMove; Detecção de Tráfego por Visão Computacional; Sistema Inteligente de Estacionamento.

M01

ARTIGO / PROJETO

MOBILIDADE E INFRAESTRUTURA INTELIGENTE

CogniMove: Detecção Visual de Infrações com Análise de Causa-Raiz e Integração de Dados Urbanos

Raissa Ramos, Manuella Moretti Landim e Melissa Nunes de Oliveira

DESTAQUE EDITORIAL

Além de detectar infrações, o sistema busca correlacioná-las com sinalização, clima, obras, congestionamento e outros fatores capazes de orientar intervenções preventivas.

DESCRITORES

mobilidade; visão computacional; infrações; causa-raiz; dados urbanos

Identificação nesta versão: Raissa Ramos, Manuella Moretti Landim e Melissa Nunes de Oliveira. *CogniMove: Detecção Visual de Infrações com Análise de Causa-Raiz e Integração de Dados Urbanos*. In: *Conexões Colégio FECAP: Smart City*. Versão para avaliação institucional, 2026, p. 115–122.

Síntese de leitura elaborada pela edição a partir do documento disponível. Funcionalidades descritas não são, por si, evidência de implementação ou desempenho validado. A autoria segue a relação fornecida; conferências e divergências constam do controle separado.

TRABALHO DISCENTE

CogniMove: Detecção Visual de Infrações com Análise de Causa-Raiz e Integração de Dados Urbanos

Raissa Ramos, Manuella Moretti Landim e Melissa Nunes de Oliveira

Curso técnico de Inteligência Artificial, Colégio FECAP, São Paulo, Brasil

Nota editorial sobre a natureza do trabalho. Proposta de visão computacional e análise de causa-raiz. Hipóteses causais e funcionalidades previstas requerem validação específica. As afirmações científicas permanecem sob responsabilidade dos autores; validações e pendências específicas constam do controle separado.

Resumo

Este artigo propõe uma plataforma inteligente para detecção automática de infrações de trânsito por meio de visão computacional, aprendizado profundo e integração de dados urbanos. Diferentemente de sistemas tradicionais de fiscalização eletrônica, predominantemente orientados à identificação da infração e à aplicação de penalidades, a solução proposta busca transformar eventos detectados em conhecimento estratégico para a gestão da mobilidade urbana. O sistema é organizado em quatro módulos: detecção visual de infrações, análise de causa-raiz, integração com dados urbanos em tempo real e estação interativa de monitoramento e análise. A abordagem combina modelos de detecção de objetos, regras espaço-temporais, banco de dados georreferenciado, mineração de dados e modelos probabilísticos para correlacionar infrações com fatores como sinalização, geometria viária, clima, congestionamento, eventos urbanos, obras e horários de maior demanda. Como resultado esperado, pretende-se apoiar gestores públicos na identificação de padrões críticos, na priorização de intervenções urbanas e no planejamento de políticas preventivas baseadas em evidências. A principal contribuição científica reside na integração entre inteligência artificial visual e análise explicativa de fatores urbanos, deslocando o foco da fiscalização meramente punitiva para uma perspectiva diagnóstica, preventiva e orientada à construção de cidades inteligentes. Palavras-chave: visão computacional; mobilidade urbana; infrações de trânsito; causa-raiz; cidades inteligentes; aprendizado de máquina.

1 Introdução

O crescimento urbano, a intensificação dos deslocamentos diários e a complexidade dos sistemas viários impõem desafios relevantes à gestão da mobilidade. Em muitas cidades, infrações como avanço de sinal vermelho, estacionamento irregular, invasão de faixas exclusivas, parada sobre faixas de pedestres e ocupação indevida de calçadas afetam diretamente a segurança viária, a fluidez do tráfego e a acessibilidade de pedestres, ciclistas e usuários do transporte coletivo.

Sistemas de fiscalização eletrônica já são amplamente utilizados para registrar determinadas infrações. Entretanto, tais sistemas costumam estar associados a uma lógica operacional centrada na evidência do evento infracional e na emissão de penalidades. Embora essa função seja importante para a regulação do comportamento no trânsito, ela não é suficiente para explicar por que determinadas infrações se concentram em locais, horários ou condições específicas. Assim, gestores públicos frequentemente dispõem de dados sobre a ocorrência das infrações, mas têm dificuldade em convertê-los em diagnósticos urbanos capazes de orientar intervenções preventivas.

Nesse contexto, a inteligência artificial oferece novas possibilidades para a análise integrada da mobilidade. Modelos de visão computacional podem identificar veículos, pedestres, ciclistas, ônibus, motocicletas, semáforos, faixas de pedestres e sinalizações. Quando esses dados são combinados com informações georreferenciadas, condições climáticas, eventos públicos, obras, calendário urbano e indicadores de tráfego, torna-se possível investigar padrões recorrentes e levantar hipóteses sobre causas estruturais, operacionais e ambientais associadas às infrações.

O problema de pesquisa que orienta este trabalho é: como a inteligência artificial pode ser utilizada para detectar infrações de trânsito e, simultaneamente, identificar fatores urbanos que contribuem para sua ocorrência, auxiliando a tomada de decisão e o planejamento da mobilidade urbana?

O objetivo geral é desenvolver um sistema inteligente capaz de detectar infrações por visão computacional e correlacioná-las com fatores urbanos, operacionais e ambientais. Como objetivos específicos, destacam-se: detectar automaticamente infrações em imagens e vídeos; classificar diferentes tipos de infrações; armazenar eventos em banco de dados georreferenciado; correlacionar ocorrências com infraestrutura, clima, eventos e condições de tráfego; gerar relatórios inteligentes; sugerir possíveis intervenções urbanas; e disponibilizar uma interface interativa para demonstração e análise dos resultados.

2 Fundamentação Teórica

2.1 Mobilidade urbana e segurança viária

A mobilidade urbana envolve a organização dos deslocamentos de pessoas e bens no espaço urbano, considerando infraestrutura, transporte público, circulação de veículos, acessibilidade, segurança e sustentabilidade. Infrações de trânsito não devem ser compreendidas apenas como decisões individuais isoladas, mas também como manifestações de conflitos entre desenho viário, demanda de circulação, sinalização, fiscalização, comportamento humano e condições ambientais.

Sob essa perspectiva, uma avenida com recorrentes invasões de faixa exclusiva pode indicar não apenas condutas inadequadas de motoristas, mas também congestionamento severo, ausência de segregação física, sinalização insuficiente ou falhas na organização do fluxo. Do mesmo modo, o estacionamento irregular sobre calçadas pode estar relacionado à escassez de vagas, ao uso inadequado do solo, à ausência de áreas de carga e descarga ou à baixa fiscalização. Portanto, a análise das infrações deve considerar o contexto urbano em que elas ocorrem.

2.2 Visão computacional aplicada ao trânsito

A visão computacional permite extrair informações de imagens e vídeos por meio de técnicas de processamento digital, aprendizado de máquina e aprendizado profundo. Em aplicações de trânsito, essa área possibilita detectar e rastrear veículos, motocicletas, ônibus, bicicletas, pedestres, faixas, semáforos e placas. Modelos de detecção de objetos em tempo real, como arquiteturas do tipo YOLO, são especialmente relevantes por combinarem velocidade de inferência e capacidade de localização dos elementos da cena.

Após a detecção dos objetos, regras espaço-temporais podem ser aplicadas para identificar comportamentos irregulares. Por exemplo, um veículo parado sobre uma região definida como faixa de pedestres durante determinado intervalo de tempo pode caracterizar uma infração. De modo semelhante, a combinação entre estado semafórico, trajetória do veículo e linha virtual de retenção permite identificar avanço de sinal vermelho. Assim, a detecção visual não se limita ao reconhecimento de objetos, mas depende da interpretação contextual das relações entre objetos, zonas da via e tempo.

2.3 Aprendizado de máquina e análise de causa-raiz

A análise de causa-raiz busca identificar fatores que contribuem para a ocorrência de um problema. Em ambientes urbanos, essa análise pode envolver dados heterogêneos e incertos, como fluxo de veículos, geometria da via, condições climáticas, presença de eventos, qualidade da sinalização, histórico de acidentes e padrões temporais.

Técnicas de mineração de dados, análise estatística, modelos probabilísticos e aprendizado supervisionado ou não supervisionado podem apoiar a identificação de correlações e a geração de hipóteses explicativas.

No sistema proposto, a causa-raiz não é tratada como uma conclusão única e definitiva, mas como um conjunto de hipóteses com graus de probabilidade. Por exemplo, diante de avanços frequentes de sinal vermelho em um cruzamento, o sistema pode estimar que a ocorrência está associada em 45% ao tempo semafórico inadequado, em 30% ao congestionamento e em 25% a fatores comportamentais. Essa formulação probabilística favorece a transparência da decisão e permite que gestores avaliem evidências antes de executar intervenções.

2.4 Cidades inteligentes e integração de dados urbanos

O conceito de cidades inteligentes está associado ao uso de tecnologias digitais, sensores, dados e sistemas analíticos para melhorar a eficiência dos serviços urbanos e a qualidade de vida da população. No campo da mobilidade, isso implica integrar informações de diferentes fontes: câmeras, sensores de tráfego, bases meteorológicas, cadastros viários, dados de transporte público, agendas de eventos, registros de obras e mapas georreferenciados.

A integração desses dados amplia a capacidade de compreensão dos fenômenos de trânsito. Um aumento de estacionamentos proibidos em determinada região pode coincidir com um evento esportivo; conversões proibidas podem crescer durante obras viárias; invasões de faixa exclusiva podem aumentar em horários de pico; e determinadas infrações podem variar em dias de chuva intensa. Assim, o sistema analítico proposto atua como ponte entre a detecção automatizada e o planejamento urbano baseado em evidências.

3 Metodologia

Este estudo apresenta uma proposta aplicada, de natureza tecnológica e exploratória, voltada ao desenvolvimento de uma plataforma inteligente para apoio à gestão da mobilidade urbana. A metodologia é organizada em cinco etapas: levantamento dos requisitos, construção da arquitetura, implementação dos módulos analíticos, integração de dados externos e validação por cenários simulados.

Na primeira etapa, são definidos os tipos de infrações a serem monitorados, os objetos relevantes da cena urbana e os metadados associados a cada ocorrência. Entre os eventos previstos estão: veículo parado sobre faixa de pedestres, estacionamento em local proibido, tráfego em faixa exclusiva, avanço de sinal vermelho, conversão proibida e ocupação indevida de calçadas.

Na segunda etapa, é especificada a arquitetura do sistema, contemplando captura de imagens, processamento visual, classificação de infrações, armazenamento georreferenciado, correlação de causa-raiz, integração com fontes externas, camada analítica e estação interativa. Essa arquitetura é descrita na Seção de Desenvolvimento.

Na terceira etapa, são desenvolvidos os modelos de detecção e as regras de inferência. A detecção visual pode utilizar modelos baseados em YOLO, OpenCV, TensorFlow ou PyTorch. Os objetos identificados são associados a regiões de interesse previamente mapeadas, como faixas de pedestres, calçadas, pistas exclusivas, linhas de retenção e áreas proibidas para estacionamento.

Na quarta etapa, são incorporados dados urbanos externos, como clima, tráfego, eventos públicos, obras viárias, calendário urbano, horário e dia da semana. Esses dados alimentam o módulo de causa-raiz, que calcula correlações e probabilidades para hipóteses explicativas.

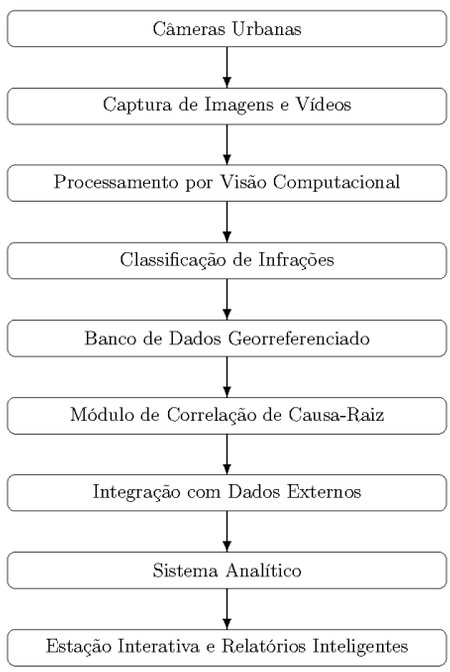
Por fim, a validação inicial é proposta por meio de simulações controladas e demonstração em dashboard web, utilizando ferramentas como Streamlit ou Gradio. A interface permite selecionar cruzamentos, visualizar vídeos analisados pela IA, simular cenários urbanos e observar a alteração dos indicadores de diagnóstico.

4 Desenvolvimento

4.1 Arquitetura geral do sistema

A arquitetura proposta organiza o fluxo de dados desde a captura das imagens até a geração de relatórios inteligentes. A Figura 1 apresenta uma visão conceitual do sistema.

Cada infração detectada é registrada com data, hora, localização, tipo de infração, imagem de evidência, grau de confiança da IA e atributos contextuais. A estrutura georreferenciada permite análises por cruzamento, avenida, bairro, corredor de transporte ou região administrativa.



Elemento gráfico da fonte. Arquitetura conceitual da plataforma CogniMove.
Fonte: documento original do projeto, p. 5. Recorte do elemento científico, sem alteração dos dados.

Figura 1: Arquitetura conceitual da plataforma proposta.

4.2 Módulo 1: detecção visual de infrações

O módulo de detecção visual processa imagens e vídeos oriundos de câmeras urbanas. Inicialmente, o sistema identifica elementos da cena, como veículos, motocicletas, ônibus, ciclistas, pedestres, faixas de pedestres, sinalizações e semáforos. Em seguida, os objetos são rastreados ao longo do tempo para verificar sua posição, direção, permanência em áreas críticas e relação com o estado da sinalização.

As infrações são reconhecidas por regras inteligentes. Para detectar veículo parado sobre faixa de pedestres, por exemplo, o sistema verifica a interseção entre a caixa delimitadora do veículo e a região da faixa. Para identificar uso indevido de faixa exclusiva, compara-se a trajetória do veículo com a área destinada ao transporte coletivo. Para avanço de sinal vermelho, avaliam-se o estado semafórico, a linha de retenção e a continuidade do movimento do veículo após a indicação vermelha.

Câmeras Urbanas

Captura de Imagens e Vídeos

Processamento por Visão Computacional

Classificação de Infrações

Banco de Dados Georreferenciado

Módulo de Correlação de Causa-Raiz

Integração com Dados Externos

Sistema Analítico

Estação Interativa e Relatórios Inteligentes

4.3 Módulo 2: análise de causa-raiz

O módulo de causa-raiz constitui a principal inovação da proposta. Sua função é correlacionar infrações recorrentes com fatores urbanos que possam explicar sua incidência. As hipóteses consideradas incluem sinalização inadequada, tempo semafórico insuficiente, congestionamento, ausência de delimitadores físicos, escassez de vagas, obras viárias, eventos de grande porte, chuva intensa e fatores comportamentais.

O cálculo das hipóteses pode combinar estatística descritiva, correlação temporal, análise espacial, modelos de classificação e regras de conhecimento definidas por especialistas. O resultado é apresentado em forma probabilística, permitindo que o gestor compreenda a contribuição relativa de cada fator. A Tabela 1 exemplifica relações possíveis entre infrações e causas prováveis.

Tabela 1: Exemplos de infrações e hipóteses de causa-raiz

Infração recorrente	Hipóteses de causa-raiz
Avanço frequente de sinal vermelho	Tempo semafórico inadequado, congestionamento, baixa visibilidade do semáforo.
Estacionamento sobre calçadas	Escassez de vagas, ausência de áreas de carga e descarga, fiscalização insuficiente.
Desrespeito à faixa de pedestres	Pintura desgastada, sinalização pouco visível, conflito entre fluxo veicular e travessia.
Uso indevido de faixa exclusiva	Congestionamento intenso, ausência de segregação física, sinalização inadequada.
Conversão proibida	Obras, bloqueios temporários, desenho viário pouco intuitivo.

Fonte: documento original do projeto; dados e natureza das afirmações mantidos.

4.4 Módulo 3: integração com dados urbanos em tempo real

O terceiro módulo incorpora fontes externas de informação para enriquecer a interpretação das infrações. Dados meteorológicos permitem avaliar o impacto de chuva intensa sobre padrões de circulação. Informações sobre eventos públicos ajudam a explicar aumentos temporários em estacionamento irregular, embarques indevidos e congestionamentos. Registros de obras e interdições podem justificar desvios, conversões proibidas e alterações no fluxo habitual.

Também são considerados horário, dia da semana, feriados e calendário urbano. Essa integração permite comparar padrões de dias úteis, finais de semana, períodos noturnos e horários de pico, além de distinguir ocorrências episódicas de problemas estruturais persistentes.

4.5 Módulo 4: estação interativa de monitoramento e análise

A estação interativa é concebida como um dashboard web simples, desenvolvido com Streamlit ou Gradio em Python, para demonstração pública e apoio à análise técnica. A interface é organizada em três áreas visuais.

A primeira área é o simulador de câmera, no qual o usuário seleciona um cruzamento e visualiza vídeos analisados pela IA. Durante a reprodução, caixas coloridas destacam veículos, pedestres, ônibus, semáforos e infrações detectadas. Mensagens como “Veículo parado sobre faixa de pedestres – Confiança da IA: 96%” podem ser exibidas para tornar o processo interpretável.

A segunda área corresponde aos fatores externos, com botões de cenário como “Simular Chuva Forte”, “Simular Dia de Jogo”, “Simular Horário de Pico”, “Simular Feriado” e “Simular Obra Viária”. Ao selecionar um cenário, os indicadores do painel são recalculados para demonstrar os impactos esperados sobre o trânsito.

A terceira área é o centro de diagnóstico inteligente. Ao selecionar uma avenida ou cruzamento, o usuário visualiza gráficos de barras, gráficos de pizza, mapas de calor e relatórios automáticos. Por exemplo, em uma avenida com invasões recorrentes de faixa exclusiva, o sistema pode indicar que 70% dos casos estão associados à ausência de delimitadores físicos, 15% ao congestionamento, 10% à sinalização inadequada e 5% a outros fatores.

5 Resultados Esperados

Espera-se que a plataforma contribua para reduzir a incidência de infrações, melhorar a segurança viária e apoiar a tomada de decisão dos gestores públicos. A partir do registro sistemático e georreferenciado das ocorrências, será possível identificar pontos críticos, horários de maior risco e padrões associados a condições específicas da cidade.

Outro resultado esperado é o fortalecimento do planejamento urbano baseado em evidências. Em vez de orientar ações apenas por percepções pontuais ou por números agregados de autuações, o sistema permite analisar relações entre infrações e fatores urbanos. Dessa forma, intervenções como ajuste semafórico, reforço de sinalização, implantação de segregadores físicos, reorganização de vagas, mudanças de circulação e planejamento de operação especial em eventos podem ser priorizadas com maior precisão.

Também se espera maior eficiência no uso dos recursos de fiscalização. Ao identificar causas prováveis e áreas críticas, o poder público pode direcionar equipes, campanhas educativas e obras de infraestrutura para locais com maior impacto potencial. Além disso, a estação interativa aproxima tecnologia, gestão pública e sociedade ao tornar visível o funcionamento da inteligência artificial e seus diagnósticos.

6 Discussão

A proposta apresenta uma mudança conceitual relevante: a infração deixa de ser tratada apenas como evento isolado e passa a ser analisada como sintoma de um sistema urbano. Essa abordagem não elimina a importância da fiscalização, mas amplia sua finalidade ao produzir conhecimento para prevenção e planejamento.

Do ponto de vista técnico, o principal desafio está na confiabilidade da detecção visual. Variações de iluminação, chuva, oclusões, baixa resolução das câmeras, ângulos inadequados e diversidade de veículos podem afetar o desempenho dos modelos. Por isso, o grau de confiança da IA deve aco mpanhar cada ocorrência, e o sistema deve prever mecanismos de auditoria humana, especialmente quando houver uso administrativo ou jurídico dos registros.

Outro ponto crítico é a interpretação causal. Correlação estatística não implica necessariamente causalidade. Assim, o módulo de causa-raiz deve ser entendido como ferramenta de apoio à formulação de hipóteses, e não como substituto da análise técnica de engenheiros de tráfego, urbanistas e gestores. A combinação entre dados computacionais e conhecimento especializado é essencial para evitar conclusões simplistas.

Há ainda questões éticas e legais relacionadas ao uso de câmeras urbanas, privacidade, proteção de dados e transparência algorítmica. O sistema deve adotar princípios de minimização de dados, anonimização quando aplicável, controle de acesso, rastreabilidade das decisões e comunicação clara sobre suas finalidades. A utilização da IA deve priorizar segurança, interesse público e melhoria da mobilidade, evitando práticas opacas ou exclusivamente arrecadatórias.

7 Limitações

Entre as limitações da proposta, destacam-se a dependência da qualidade das câmeras e da disponibilidade de dados urbanos confiáveis. Em locais sem cobertura visual adequada ou sem bases atualizadas de sinalização, obras, eventos e tráfego, a capacidade diagnóstica do sistema pode ser reduzida.

Além disso, a generalização dos modelos de visão computacional exige bases de treinamento representativas de diferentes contextos urbanos. Um modelo treinado em determinadas condições pode apresentar desempenho inferior em vias com geometria distinta, sinalização atípica ou padrões locais de circulação. A validação empírica em campo, com métricas como precisão, revocação, taxa de falsos positivos e tempo de processamento, é necessária para implantação em escala.

Outra limitação refere-se à atribuição probabilística de causas. O sistema pode indicar fatores associados a uma infração, mas a confirmação de causalidade depende de investigação complementar, inspeção local e avaliação técnica. Portanto, os resultados devem ser interpretados como subsídios ao planejamento, e não como determinações automáticas.

8 Conclusão

Este artigo apresentou a proposta de um sistema inteligente de detecção visual de infrações com análise de causa-raiz e integração de dados urbanos para apoio à mobilidade urbana. A solução combina visão computacional, aprendizado de máquina, banco de dados georreferenciado, integração de fontes externas e interface interativa para transformar registros de infrações em diagnósticos estratégicos.

A principal contribuição do projeto está em superar a lógica exclusivamente punitiva dos sistemas tradicionais de fiscalização, propondo uma abordagem orientada à prevenção, ao planejamento urbano e à tomada de decisão baseada em evidências. Ao identificar não apenas onde e quando as infrações ocorrem, mas também quais fatores podem contribuir para sua recorrência, a plataforma oferece subsídios para intervenções mais eficientes e transparentes.

Como trabalhos futuros, recomenda-se desenvolver um protótipo funcional do dashboard, construir uma base de vídeos anotados, testar modelos de detecção em diferentes cenários urbanos, integrar dados reais de clima e tráfego, e validar o módulo de causa-raiz com especialistas em engenharia de tráfego e gestores municipais. Dessa forma, a proposta pode evoluir de um modelo conceitual para uma ferramenta operacional de apoio à construção de cidades mais seguras, inteligentes e inclusivas.

Referências

[1]BRASIL. Lei nº12.587, de 3 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana.Diário Oficial da União, Brasília, 2012.

[2]BRASIL. Lei nº9.503, de 23 de setembro de 1997. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. Diário Oficial da União, Brasília, 1997.

[3]GOODFELLOW, I.; BENGIO, Y.; COURVILLE, A.Deep Learning. Cambridge: MIT Press, 2016.

[4]GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E.Digital Image Processing. 4. ed. New York: Pearson, 2018.

[5]REDMON, J.; DIVVALA, S.; GIRSHICK, R.; FARHADI, A. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. In:Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Las Vegas: IEEE, 2016. p. 779–788.

[6]RUSSELL, S.; NORVIG, P.Artificial Intelligence: A Modern Approach. 4. ed. Hoboken: Pearson, 2021.

[7]BATTY, M.; AXHAUSEN, K. W.; GIANNOTTI, F.; POZDNOUKHOV, A.; BAZZANI, A.; WACHOWICZ, M.; OUZOUNIS, G.; PORTUGALI, Y. Smart cities of the future.The European Physical Journal Special Topics, v. 214, n. 1, p. 481–518, 2012.

[8]ZANELLA, A.; BUI, N.; CASTELLANI, A.; VANGELISTA, L.; ZORZI, M. Internet of Things for Smart Cities.IEEE Internet of Things Journal, v. 1, n. 1, p. 22–32, 2014.

[9]BISHOP, C. M.Pattern Recognition and Machine Learning. New York: Springer, 2006.

[10]PROVOST, F.; FAWCETT, T.Data Science for Business. Sebastopol: O'Reilly Media, 2013.

LEITURAS COMPLEMENTARES INDICADAS PELA EDIÇÃO

CogniMove

As indicações abaixo foram localizadas em fontes primárias e se relacionam ao tema do projeto. Não são atribuídas como bibliografia utilizada pelos estudantes. Outras indicações herdadas da curadoria, ainda não verificadas, constam apenas do quadro separado; a pertinência e a eventual incorporação ao argumento exigem validação dos autores. Não constituem certificação dos resultados do projeto.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. **Artificial Intelligence Risk Management Framework, AI RMF 1.0**. Gaithersburg, 2023. DOI: 10.6028/NIST.AI.100-1.

M02

ARTIGO / PROJETO

MOBILIDADE E INFRAESTRUTURA INTELIGENTE

Detecção de Tráfego por Visão Computacional: Contagem, Classificação e Apoio à Gestão Semafórica

Laura Peluso Oliveira de Souza, Davi Lin Braga e Lana Sayuri Sato

DESTAQUE EDITORIAL

Modelos YOLO convertem câmeras em sensores para contar e classificar veículos, apoiar semáforos adaptativos e reconhecer veículos de emergência.

DESCRITORES

tráfego; YOLO; contagem veicular; semáforos; veículos de emergência

Identificação nesta versão: Laura Peluso Oliveira de Souza, Davi Lin Braga e Lana Sayuri Sato. *Detecção de Tráfego por Visão Computacional: Contagem, Classificação e Apoio à Gestão Semafórica*. In: *Conexões Colégio FECAP: Smart City*. Versão para avaliação institucional, 2026, p. 125–129.

Síntese de leitura elaborada pela edição a partir do documento disponível. Funcionalidades descritas não são, por si, evidência de implementação ou desempenho validado. A autoria segue a relação fornecida; conferências e divergências constam do controle separado.

TRABALHO DISCENTE

Detecção de Tráfego por Visão Computacional: Contagem, Classificação e Apoio à Gestão Semafórica

Laura Peluso Oliveira de Souza, Davi Lin Braga e Lana Sayuri Sato

Curso técnico de Inteligência Artificial, Colégio FECAP, São Paulo, Brasil

Nota editorial sobre a natureza do trabalho. Proposta de contagem e classificação de tráfego. A fórmula de erro define um critério de avaliação, não um resultado medido. As afirmações científicas permanecem sob responsabilidade dos autores; validações e pendências específicas constam do controle separado.

Resumo

Este artigo apresenta uma proposta de sistema inteligente de detecção de tráfego por visão computacional aplicado a cruzamentos semaforizados. O objetivo é automatizar a contagem e a classificação veicular, substituindo processos manuais por uma solução contínua, escalável e integrada à infraestrutura urbana existente. A arquitetura proposta utiliza câmeras de monitoramento, modelos de detecção de objetos baseados em YOLO, preparação de dados com ferramentas de anotação como RoboFlow e comunicação com controladores semafóricos por rede de fibra óptica. Além da identificação de carros, motocicletas, ônibus e caminhões, o sistema considera a detecção de veículos de emergência para apoio à priorização semafórica. A proposta contribui para a engenharia de tráfego ao fornecer dados em tempo real para planejamento urbano, otimização de ciclos semafóricos, redução de congestionamentos e suporte à gestão dinâmica de tráfego. Palavras-chave: visão computacional; engenharia de tráfego; YOLO; semáforos inteligentes; contagem veicular; gestão dinâmica de tráfego.

1 Introdução

A mobilidade urbana é um dos principais desafios das cidades contemporâneas. O crescimento da frota, a concentração de viagens em horários de pico e a limitação física da malha viária tornam indispensável o uso de tecnologias capazes de medir, interpretar e responder às condições reais do tráfego. Na engenharia de tráfego, decisões como implantação de semáforos, ajuste de tempos de verde, definição de planos operacionais e priorização de corredores dependem diretamente da qualidade dos dados disponíveis.

Tradicionalmente, a contagem veicular é realizada de forma manual ou por sensores dedicados instalados no pavimento. Embora esses métodos sejam úteis, apresentam limitações importantes: alto custo operacional, baixa frequência de atualização, susceptibilidade a erros humanos, dificuldade de classificação por tipo de veículo e pouca flexibilidade para adaptação a eventos não recorrentes. Em cruzamentos urbanos, tais limitações podem resultar em planos semafóricos defasados, tempos de espera excessivos e baixa eficiência no uso da capacidade viária.

Nesse contexto, a visão computacional surge como uma alternativa promissora para transformar câmeras de monitoramento em sensores inteligentes de tráfego. Por meio de algoritmos de detecção de objetos, é possível identificar veículos em imagens de vídeo, classificá-los por categoria, estimar volumes por aproximação, evitar contagens duplicadas e produzir indicadores operacionais em tempo quase real. Quando integrada aos controladores semafóricos, essa informação pode apoiar estratégias adaptativas de gestão de tráfego.

Este artigo tem como objetivo propor e discutir um sistema de detecção de tráfego por visão computacional voltado à contagem, classificação e apoio à gestão dinâmica de cruzamentos semaforizados. A proposta considera o uso de modelos YOLO, câmeras já existentes na infraestrutura urbana e integração com sistemas de controle semafórico, incluindo a possibilidade de priorização de veículos de emergência.

2 Fundamentação Teórica

2.1 Engenharia de tráfego e controle semafórico

O controle semafórico organiza os movimentos conflitantes de veículos e pedestres em interseções, distribuindo o direito de passagem por meio de ciclos, fases e tempos de verde. Em sistemas convencionais, esses parâmetros são definidos a partir de levantamentos de volume de tráfego, composição veicular, geometria da via e padrões de demanda observados.

Entretanto, planos de tempo fixo possuem baixa capacidade de resposta a variações dinâmicas, como acidentes, obras, eventos, chuvas intensas ou mudanças sazonais. Sistemas adaptativos dependem de dados contínuos e confiáveis para ajustar os ciclos de acordo com a demanda. Assim, a coleta automatizada de dados é elemento central para a modernização da gestão viária.

2.2 Visão computacional aplicada ao tráfego

A visão computacional permite extrair informações estruturadas a partir de imagens digitais. Em aplicações de tráfego, essa tecnologia pode ser utilizada para detectar veículos, estimar filas, medir ocupação de faixas, classificar tipos veiculares, identificar infrações e monitorar condições operacionais em tempo real.

Modelos modernos de detecção de objetos, como a família YOLO (You Only Look Once), são adequados para aplicações em tempo real por realizarem localização e classificação em uma única etapa de inferência. Essa característica reduz a latência e permite o processamento contínuo de fluxos de vídeo. A acurácia do modelo, contudo, depende da qualidade do conjunto de dados, da diversidade de condições de iluminação, clima, ângulo de câmera, oclusões e variedade de veículos presentes no ambiente urbano.

3 Metodologia

A metodologia proposta organiza o desenvolvimento do sistema em cinco etapas principais: aquisição de imagens, preparação da base de dados, treinamento do modelo, processamento operacional e integração com a gestão semafórica.

3.1 Aquisição de imagens

O sistema utiliza câmeras de monitoramento instaladas em cruzamentos semaforizados. O reaproveitamento dessa infraestrutura reduz custos de implantação e amplia a viabilidade de adoção em escala urbana. As câmeras devem ser posicionadas de modo a capturar as aproximações do cruzamento, as faixas de rolamento e as regiões de interesse onde os veículos serão detectados e contados.

3.2 Preparação e anotação dos dados

As imagens coletadas são organizadas em uma base de treinamento contendo diferentes horários, condições climáticas, tipos de via e composições de tráfego. A anotação dos objetos pode ser realizada com ferramentas como RoboFlow, marcando classes como carro, motocicleta, ônibus, caminhão, bicicleta e veículo de emergência. A diversidade da base é essencial para reduzir falsos positivos, falsos negativos e erros de classificação.

3.3 Treinamento e validação do detector

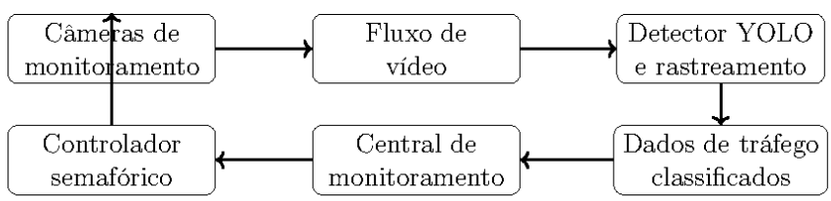
O modelo YOLO é treinado com as imagens anotadas e validado por métricas como precisão, revocação, F1-score e mAP (mean Average Precision). Para aplicação em ambiente urbano, não basta avaliar apenas a detecção isolada; é necessário também medir a qualidade da contagem por faixa, por aproximação e por intervalo de tempo.

3.4 Rastreamento e contagem veicular

Após a detecção, cada veículo deve receber um identificador temporário por meio de técnica de rastreamento. Esse procedimento evita que o mesmo veículo seja contabilizado mais de uma vez enquanto atravessa a região de interesse. A contagem é realizada quando o centroide do veículo cruza uma linha virtual definida no vídeo, associada a uma aproximação ou movimento do cruzamento.

3.5 Integração com a operação semafórica

Os dados processados são enviados a uma central ou diretamente ao controlador semafórico por rede de comunicação, preferencialmente fibra óptica. A integração permite que os volumes observados alimentem relatórios de engenharia de tráfego e, em fases avançadas, orientem ajustes dinâmicos



Elemento gráfico da fonte. Arquitetura conceitual do sistema de detecção de tráfego.
Fonte: documento original do projeto, p. 4. Recorte do elemento científico, sem alteração dos dados.

nos tempos de verde. Em situações específicas, a detecção de veículos de emergência pode acionar uma lógica de priorização, ampliando o verde da aproximação correspondente ou antecipando sua fase.

4 Arquitetura Proposta

A Figura 1 resume o fluxo operacional do sistema proposto.

Figura 1: Arquitetura conceitual do sistema de detecção de tráfego por visão computacional.

A arquitetura é composta por quatro camadas. A primeira é a camada de sensoriamento, formada pelas câmeras. A segunda é a camada de processamento, responsável pela inferência do modelo YOLO, rastreamento e contagem. A terceira é a camada de dados, que armazena volumes, classes, horários, aproximações e indicadores. A quarta é a camada de decisão, formada pela central de monitoramento e pelos controladores semafóricos.

Tabela 1: Principais módulos do sistema proposto

Módulo	Função
Aquisição de vídeo	Captura imagens das aproximações do cruzamento por meio de câmeras de monitoramento.
Detecção de objetos	Identifica veículos em tempo real utilizando modelo YOLO treinado para o contexto local.
Classificação veicular	Diferencia categorias como carros, motos, ônibus, caminhões, bicicletas e veículos de emergência.
Rastreamento	Atribui identificadores temporários aos veículos para evitar contagem duplicada.
Contagem e agregação	Produz volumes por classe, faixa, aproximação e intervalo de tempo.

Módulo	Função
Integração semafórica	Envia dados ao controlador ou à central para análise, relatórios e apoio à priorização.

Fonte: documento original do projeto; dados e natureza das afirmações mantidos.

5 Resultados Esperados e Indicadores de Desempenho

Espera-se que o sistema produza uma base contínua de dados de tráfego com maior granularidade temporal e espacial do que levantamentos manuais. Os principais resultados esperados são:

- redução do esforço humano em pesquisas volumétricas;
- aumento da frequência de atualização dos dados de tráfego;
- classificação automática da composição veicular;
- identificação de padrões de pico, sazonalidade e desequilíbrio entre aproximações;
- apoio à otimização dos tempos semafóricos;
- possibilidade de priorização operacional para veículos de emergência.

Para avaliar o desempenho, recomenda-se comparar os resultados automáticos com contagens manuais de referência. A taxa de erro de contagem pode ser calculada por:

$$E = \frac{|C_a - C_m|}{C_m} \times 100. \tag{1}$$

em queC a representa a contagem automática eC m representa a contagem manual de referência. Valores menores deEindicam maior aderência do sistema à realidade observada em campo.

Além da contagem, devem ser avaliados o tempo médio de processamento por quadro, a taxa de quadros por segundo, a precisão por classe veicular, a robustez sob chuva ou baixa luminosidade e a estabilidade da comunicação com a central.

6 Discussão

A aplicação de visão computacional à gestão de tráfego apresenta vantagens relevantes para a engenharia urbana. Ao utilizar câmeras já instaladas, o sistema reduz a necessidade de sensores físicos adicionais e amplia o potencial de cobertura territorial. A classificação por tipo de veículo também permite análises mais qualificadas, como identificação de corredores com alta presença de ônibus, vias com participação elevada de caminhões ou locais com fluxo significativo de motocicletas e bicicletas.

Entretanto, a implantação requer cuidados técnicos. A posição da câmera influencia diretamente a qualidade da detecção, especialmente em situações de oclusão, contraluz ou sobreposição de veículos. O treinamento do modelo deve considerar imagens reais do município, pois modelos genéricos podem apresentar desempenho inferior diante de características locais, como tipos de veículos, sinalização, ângulos de captura e padrões de circulação.

Outro ponto crítico é a governança dos dados. Como o sistema opera com imagens urbanas, recomenda-se aplicar princípios de privacidade, minimização de dados e segurança da informação. O objetivo operacional deve ser a extração de indicadores de tráfego, e não a identificação pessoal de usuários da via.

Do ponto de vista semafórico, a solução pode evoluir em etapas. Inicialmente, pode funcionar como ferramenta de diagnóstico e geração de relatórios. Em seguida, pode alimentar painéis em tempo real. Por fim, após validação em campo, pode ser integrada a estratégias adaptativas de controle, ajustando planos semafóricos conforme a demanda observada.

7 Conclusão

Este artigo apresentou uma proposta de sistema inteligente de detecção de tráfego por visão computacional para cruzamentos semaforizados. A solução utiliza câmeras de monitoramento, modelos YOLO, rastreamento veicular e integração com controladores semafóricos para automatizar a contagem e a classificação do fluxo urbano.

Do ponto de vista da engenharia de tráfego, a principal contribuição está na transformação de imagens de vídeo em dados operacionais capazes de apoiar decisões de planejamento, otimização semafórica e gestão dinâmica. A proposta também contempla a detecção de veículos de emergência, ampliando o potencial de aplicação em segurança viária e resposta rápida.

Como trabalhos futuros, recomenda-se desenvolver um protótipo em campo, construir uma base local de imagens anotadas, comparar os resultados com contagens manuais, avaliar o desempenho por classe veicular e testar a integração com controladores semafóricos reais. A consolidação dessas etapas poderá contribuir para uma mobilidade urbana mais eficiente, segura e orientada por dados.

Referências

[1]Relatório Técnico: Sistema Inteligente de Contagem e Classificação em Semáforos. Documento técnico disponibilizado no projeto, 2026.

[2]Relatório Técnico: Ecossistema Semafórico e Gestão Dinâmica de Tráfego com IA. Documento técnico disponibilizado no projeto, 2026.

[3]REDMON, J.; DIVVALA, S.; GIRSHICK, R.; FARHADI, A. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection.Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2016.

[4]FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION.Traffic Detector Handbook. Washington, DC: U.S. Department of Transportation.

[5]WEBSTER, F. V. Traffic Signal Settings.Road Research Technical Paper, n. 39, Road Research Laboratory, 1958.

LEITURAS COMPLEMENTARES INDICADAS PELA EDIÇÃO

Detecção de Tráfego por Visão Computacional

As indicações abaixo foram localizadas em fontes primárias e se relacionam ao tema do projeto. Não são atribuídas como bibliografia utilizada pelos estudantes. Outras indicações herdadas da curadoria, ainda não verificadas, constam apenas do quadro separado; a pertinência e a eventual incorporação ao argumento exigem validação dos autores. Não constituem certificação dos resultados do projeto.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. **Artificial Intelligence Risk Management Framework, AI RMF 1.0**. Gaithersburg, 2023. DOI: 10.6028/NIST.AI.100-1.

M03

ARTIGO / PROJETO

MOBILIDADE E INFRAESTRUTURA INTELIGENTE

SmartPark: Sistema Inteligente de Estacionamento para Smart Cities

Guilherme Duarte Araujo, Giancarlo Ferreira Vilardo e Miguel Homem de Melo Oliveira

DESTAQUE EDITORIAL

Reconhecimento de placas, navegação interna e análise de horários de pico formam uma proposta para reduzir o tempo de busca por vagas em centros comerciais.

DESCRITORES

estacionamento; reconhecimento de placas; navegação; aplicativo; mobilidade

Identificação nesta versão: Guilherme Duarte Araujo, Giancarlo Ferreira Vilardo e Miguel Homem de Melo Oliveira. *SmartPark: Sistema Inteligente de Estacionamento para Smart Cities*. In: *Conexões Colégio FECAP: Smart City*. Versão para avaliação institucional, 2026, p. 132–132.

Síntese de leitura elaborada pela edição a partir do documento disponível. Funcionalidades descritas não são, por si, evidência de implementação ou desempenho validado. A autoria segue a relação fornecida; conferências e divergências constam do controle separado.

TRABALHO DISCENTE

SmartPark: Sistema Inteligente de Estacionamento para Smart Cities

Guilherme Duarte Araujo, Giancarlo Ferreira Vilardo e Miguel Homem de Melo Oliveira

Curso técnico de Inteligência Artificial, Colégio FECAP, São Paulo, Brasil

Nota editorial sobre a natureza do trabalho. Documento breve de proposta, preservado sem acrescentar métodos, testes ou resultados que não constavam da fonte. As afirmações científicas permanecem sob responsabilidade dos autores; validações e pendências específicas constam do controle separado.

Resumo:

Este projeto propõe um sistema inteligente de estacionamento integrado a um aplicativo móvel, capaz de otimizar a experiência do usuário em shoppings centers. A solução utiliza tecnologias como Inteligência Artificial (IA), reconhecimento automático de placas e navegação interna.

Introdução:

Com o crescimento urbano e o aumento do número de veículos, encontrar vagas em estacionamentos tornou-se um desafio. Este trabalho apresenta uma solução baseada em smart cities para melhorar a mobilidade e reduzir congestionamentos.

Metodologia:

O sistema utiliza câmeras para leitura de placas, permitindo acesso automatizado. Um aplicativo funciona como GPS interno, guiando o motorista até a vaga ideal em tempo real. A IA analisa dados como tempo de permanência e horários de pico.

Resultados Esperados:

Espera-se redução no tempo de busca por vagas, melhor organização do fluxo interno e aumento da satisfação dos usuários.

Discussão:

A solução também promove inclusão ao priorizar vagas para idosos, gestantes e pessoas com deficiência. Além disso, pode integrar-se a sistemas externos como aplicativos de navegação.

Conclusão:

O sistema inteligente de estacionamento representa um avanço importante nas smart cities, promovendo eficiência, sustentabilidade e melhor qualidade de vida.

03

Segurança e percepção urbana

Nove projetos examinam como máquinas percebem ambientes, reconhecem padrões e apoiam decisões sem perder de vista privacidade, viés e supervisão humana.

PROJETOS NESTE DOSSIÊ

ArgusMind; Localização de Entidades; FECART V; Detecção de Anomalias; Sentinela Urbana IA; Sentinel IA; Urban Scope; Policiamento Preditivo; UrMind.

S01

ARTIGO / PROJETO

SEGURANÇA E PERCEPÇÃO URBANA

ArgusMind: Arquitetura Simulada de Monitoramento Inteligente por Drone com Visão Computacional em Tempo Real

Leonardo Yuto Okumura Manzano, Lara Estevão Lacerda e Renan Morellato Ribeiro

DESTAQUE EDITORIAL

Um drone virtual em ambiente 3D demonstra detecção visual, interface operacional, memória local e comunicação de baixa latência sem depender de vigilância real na escola.

DESCRITORES

drone; simulação 3D; YOLO; monitoramento; privacidade

Identificação nesta versão: Leonardo Yuto Okumura Manzano, Lara Estevão Lacerda e Renan Morellato Ribeiro. *ArgusMind: Arquitetura Simulada de Monitoramento Inteligente por Drone com Visão Computacional em Tempo Real*. In: *Conexões Colégio FECAP: Smart City*. Versão para avaliação institucional, 2026, p. 135–142.

Síntese de leitura elaborada pela edição a partir do documento disponível. Funcionalidades descritas não são, por si, evidência de implementação ou desempenho validado. A autoria segue a relação fornecida; conferências e divergências constam do controle separado.

TRABALHO DISCENTE

ArgusMind: Arquitetura Simulada de Monitoramento Inteligente por Drone com Visão Computacional em Tempo Real

Leonardo Yuto Okumura Manzano, Lara Estevão Lacerda e Renan Morellato Ribeiro

Curso técnico de Inteligência Artificial, Colégio FECAP, São Paulo, Brasil

Nota editorial sobre a natureza do trabalho. Arquitetura simulada de monitoramento por drone. Requisitos, critérios de aceite e funcionalidades de demonstração não comprovam implantação. As afirmações científicas permanecem sob responsabilidade dos autores; validações e pendências específicas constam do controle separado.

Resumo

Este artigo apresenta o ArgusMind, uma proposta de sistema inteligente de monitoramento visual baseado em drone simulado e visão computacional em tempo real. O módulo principal, denominado Eagle Eye, é concebido como uma experiência interativa em ambiente 3D, na qual um operador controla um drone virtual, observa a visão em primeira pessoa e recebe, por meio de uma interface integrada, informações produzidas por um modelo de detecção visual. A proposta prioriza uma demonstração segura, didática e reprodutível, sem uso de câmeras reais da escola, reconhecimento facial ou voo físico obrigatório. A arquitetura combina simulação em Unreal Engine/Cosys-AirSim, backend modular em Python, comunicação de baixa latência, detecção com YOLO26n e persistência local de registros em SQLite. O trabalho também descreve requisitos funcionais e não funcionais, estratégia de priorização, riscos, critérios de aceite, plano de testes e diretrizes de privacidade. Como contribuição, o artigo organiza o projeto como uma prova de conceito tecnicamente escalável para apoiar atividades educacionais, demonstrações de inteligência artificial aplicada e futuras pesquisas em percepção, memória operacional e integração com robótica aérea.

Palavras-chave: visão computacional; drone simulado; monitoramento inteligente; inteligência artificial; AirSim; YOLO.

1 Introdução

A segurança e o monitoramento visual dependem cada vez mais de sistemas capazes de interpretar imagens de forma rápida, organizada e compreensível. Em muitos contextos educacionais e experimentais, entretanto, a demonstração de tecnologias de vigilância deve considerar limitações éticas, técnicas e operacionais. O uso direto de câmeras reais, reconhecimento facial ou drones físicos pode gerar riscos de privacidade, segurança e imprevisibilidade durante apresentações públicas.

Nesse contexto, o projeto ArgusMind propõe uma abordagem baseada em simulação. Em vez de apresentar apenas um algoritmo isolado, o sistema integra ambiente virtual, controle de drone, visão em primeira pessoa, detecção visual e interface de missão. O objetivo é permitir que o visitante compreenda, pela interação, como a inteligência artificial pode apoiar a observação de ambientes sem transformar a demonstração em vigilância invasiva.

O módulo principal do ArgusMind é o Eagle Eye, um drone inteligente demonstrado inicialmente em simulação 3D. A entrega prevista consiste em uma experiência curta e controlável, com HUD integrada e detecção de elementos relevantes, como pessoas simuladas, veículos, pontos de interesse e objetos suspeitos. A solução foi planejada para ser apresentada de modo seguro e didático, preservando a possibilidade de evolução futura para camadas mais avançadas de memória, decisão assíncrona e integração com hardware real.

Este artigo converte o plano técnico-operacional do projeto em uma estrutura científica, explicitando problema, objetivos, metodologia, arquitetura, requisitos, validação e limites éticos. Por se tratar de uma proposta em desenvolvimento, os resultados descritos são critérios esperados de implementação e validação, não métricas empíricas finais.

2 Objetivos

2.1 Objetivo geral

Desenvolver e apresentar o ArgusMind como um sistema inteligente de monitoramento em simulação, no qual o drone Eagle Eye utiliza visão computacional para reconhecer elementos relevantes e demonstrar como a inteligência artificial pode apoiar segurança, observação e compreensão de ambientes.

2.2 Objetivos específicos

- Construir uma simulação controlável do Eagle Eye em Unreal Engine/Cosys-AirSim.
- Permitir que o visitante controle o drone em uma experiência curta, clara e interativa.
- Integrar um modelo YOLO26n como mecanismo inicial de reconhecimento visual em tempo real.
- Exibir resultados de detecção em uma HUD dentro da própria simulação.
- Registrar dados básicos da missão em SQLite para logs, testes e análise posterior.
- Estruturar o backend de forma modular, permitindo futura troca de modelos, integração com outros ambientes ou execução em dispositivos de borda.
- Definir limites explícitos de privacidade, evitando câmeras reais da escola, reconhecimento facial e identificação pessoal.

3 Fundamentação e justificativa

A proposta foi estruturada a partir de práticas de gestão de projetos, engenharia de requisitos e priorização de escopo. A documentação de iniciação de projeto do PRINCE2 contribui para a definição de direção, justificativa e escopo; práticas do PMI orientam o tratamento de riscos; e a ISO/IEC/IEEE 29148 inspira a organização dos requisitos do sistema [1, 2, 3]. Para controle de escopo, a priorização MoSCoW diferencia itens obrigatórios, desejáveis, opcionais e fora do ciclo atual [4]. A definição de papéis pode ser apoiada por uma matriz RACI, reduzindo ambiguidade entre responsáveis, aprovadores, consultados e informados [5].

A escolha da simulação como ambiente principal é justificada por quatro fatores. Primeiro, ela reduz riscos operacionais, pois dispensa voo real em ambiente escolar. Segundo, permite repetição controlada da experiência, o que facilita testes e apresentações sucessivas. Terceiro, evita captura de pessoas reais, preservando privacidade. Quarto, mantém a lógica de software reaproveitável para cenários futuros, inclusive com drone físico, desde que haja autorização e validação técnica.

Do ponto de vista tecnológico, a combinação entre simulação 3D, backend de IA e HUD integrada permite que o projeto seja compreendido por públicos não especialistas. O visitante não apenas observa uma explicação verbal: ele controla o drone, recebe sinais visuais da IA e entende a função de apoio operacional do sistema.

4 Metodologia

O ArgusMind é definido como uma prova de conceito aplicada, com ênfase em demonstração educacional e validação incremental. A metodologia do projeto combina desenvolvimento modular, priorização por valor de demonstração, testes automatizados e testes manuais com usuários.

O processo proposto é dividido em sete fases principais:

1.consolidação do planejamento, com definição de cenário, missão e escopo público; 2.prototipação da simulação, com drone controlável em ambiente simples; 3.integração entre simulação e backend; 4.implantação do modelo visual para detecção das classes iniciais; 5.construção da HUD e refinamento da experiência; 6.inclusão de logs, testes automatizados e sessões práticas de validação; 7.ensaios finais e congelamento do escopo para apresentação.

A estratégia metodológica adota o princípio de que a estabilidade do MVP tem prioridade sobre funcionalidades experimentais. Camadas avançadas, como memória vetorial, comandos visuais por linguagem natural, backend mobile e integração com drone físico, são tratadas como evolução futura ou pesquisa interna, não como obrigação da demonstração inicial.

5 Arquitetura proposta

A arquitetura do ArgusMind é organizada em camadas independentes, conforme a Tabela 1. Essa separação reduz acoplamento, facilita testes e permite substituir componentes sem reescrever todo o sistema.

O fluxo básico da demonstração segue seis etapas. O visitante controla o Eagle Eye na simulação; a câmera do drone gera frames ou dados visuais; o backend processa os dados com YOLO26n; as

Tabela 1: Camadas principais da arquitetura proposta

Camada	Responsabilidade	Tecnologia ou decisão atual
Simulação	Ambiente 3D, física do drone, câmera e controle do visitante.	Unreal Engine 5.5 e Cosys-AirSim, com fallback técnico se necessário.
Cliente/HUD	Exibir visão em primeira pessoa, detecções, status e dados da missão.	Interface integrada dentro da Unreal.
Backend	Receber dados, executar IA, registrar eventos e devolver metadados para a HUD.	Python, com FastAPI, WebSocket, asyncio ou alternativa de menor latência.
IA visual	Detectar classes relevantes sem poluir a experiência visual.	YOLO26n como modelo inicial de detecção.
Persistência	Guardar logs, dados de teste e registros da missão.	SQLite local.

Fonte: documento original do projeto; dados e natureza das afirmações mantidos.

detecções são convertidas em metadados; a HUD exibe os resultados sem interromper a navegação; e os eventos relevantes são registrados localmente.

A comunicação deve ser separada por tipo de dado. Mensagens de controle, eventos, inferência, logs e captura de imagem possuem requisitos diferentes de latência e confiabilidade. Assim, WebSocket pode ser útil para comunicação bidirecional e eventos, mas não deve ser tratado como solução única para todos os fluxos.

6 Estratégia de inteligência artificial

O modelo visual inicial previsto é o YOLO26n, escolhido por priorizar baixa latência e viabilizar uso em cenários de tempo real. A função da IA no MVP não é tomar decisões autônomas, mas destacar elementos relevantes para apoiar a percepção do operador.

Tabela 2: Classes visuais iniciais e uso esperado na interface

Classe	Justificativa	Uso esperado na HUD
Pessoa	Elemento central para monitoramento, patrulha e contexto de segurança.	Caixa discreta e contagem básica.
Carro	Elemento urbano relevante e de reconhecimento visual objetivo.	Caixa discreta e indicação de ponto de interesse.
Ponto de interesse	Marcadores específicos de missão ou locais relevantes do mapa.	Destaque visual sem excesso de caixas.
Objeto suspeito	Elemento definido pelo cenário para demonstrar apoio à segurança.	Alerta visual controlado.

Fonte: documento original do projeto; dados e natureza das afirmações mantidos.

A regra principal de design é evitar excesso de caixas delimitadoras. A interface deve priorizar clareza e reduzir ruído visual. Portanto, filtros de confiança, limitação de classes e destaque de pontos relevantes são mais importantes para a experiência pública do que exibir todas as inferências possíveis.

Em fases futuras, o sistema pode incorporar memória operacional, eventos simples, priorização assíncrona e módulos experimentais de localização visual por linguagem natural. Esses recursos devem operar de modo não bloqueante, preservando o controle do drone e a resposta visual em tempo real.

7 Requisitos do sistema

Os requisitos foram organizados em funcionais e não funcionais, conforme a abordagem de engenharia de requisitos. A Tabela 3 apresenta os requisitos funcionais do MVP e das extensões planejadas.

Tabela 3: Requisitos funcionais do ArgusMind

ID	Requisito	Prioridade
RF-01	Permitir controle do Eagle Eye dentro da simulação.	MVP
RF-02	Capturar ou acessar a visão da câmera do drone.	MVP
RF-03	Executar detecção visual com YOLO26n.	MVP
RF-04	Exibir detecções na HUD dentro da Unreal.	MVP
RF-05	Registrar logs da missão em SQLite.	Should
RF-06	Permitir testes automatizados de comunicação e eventos.	Should
RF-07	Manter memória operacional temporária da missão.	Should
RF-08	Gerar resumo final da experiência.	Stretch
RF-09	Integrar camada cognitiva assíncrona para priorização.	Stretch

Fonte: documento original do projeto; dados e natureza das afirmações mantidos.

Além desses requisitos, o projeto assume restrições explícitas: não usar câmeras reais da escola, não realizar reconhecimento facial, não exigir voo físico na apresentação, manter a experiência compreensível em até três minutos e privilegiar estabilidade em vez de excesso de recursos.

8 Priorização e controle de escopo

A priorização MoSCoW foi adotada para evitar crescimento descontrolado do escopo. No ciclo inicial, os itens obrigatórios incluem simulação controlável, HUD básica, backend Python, detecção visual, classes essenciais, baixa latência e logs mínimos. Itens desejáveis incluem memória operacional, testes automatizados, sessões com terceiros, resumo final e refinamento visual da HUD.

Funcionalidades opcionais ou experimentais, como eventos simples, rastreamento básico, melhorias de missão, comandos por linguagem natural, protótipo físico parcial e backend mobile, só devem ser incorporadas se não ameaçarem a estabilidade do MVP. Ficam fora do ciclo atual o uso de CFTV

Tabela 4: Requisitos não funcionais

ID	Requisito	Prioridade
RNF-01	A simulação deve permanecer estável durante demonstrações repetidas.	MVP
RNF-02	O processamento de IA não deve bloquear o controle do drone.	MVP
RNF-03	A HUD deve ser compreensível para visitantes leigos.	MVP
RNF-04	A visão não deve ser poluída por caixas delimitadoras desnecessárias.	MVP
RNF-05	A arquitetura deve permitir troca de modelo ou backend sem reescrever a simulação.	Should
RNF-06	O sistema deve evitar captura de pessoas reais no MVP público.	MVP
RNF-07	Módulos lentos devem rodar de forma assíncrona e não bloqueante.	Should

Fonte: documento original do projeto; dados e natureza das afirmações mantidos.

real, reconhecimento facial, drone real autônomo, vigilância persistente e promessa de um assistente decisório completo.

Esse recorte protege a demonstração pública, pois estabelece que a entrega mínima deve ser clara, segura e repetível. Em termos de gestão, qualquer recurso experimental que comprometa a simulação, a HUD ou a compreensão do visitante deve ser congelado.

9 Plano de testes e validação

A validação do ArgusMind deve combinar testes automatizados, testes manuais e critérios de aceite. Os testes automatizados devem verificar formato de mensagens, conexão com SQLite, escrita de logs, integridade de funções do backend, regras de configuração do modelo e tempos básicos de resposta em cenários controlados.

Os testes manuais devem envolver sessões internas do grupo, validação com colegas, avaliação prévia por professores ou orientadores, ensaio de apresentação em até três minutos e registro sistemático de problemas após cada sessão. Essa abordagem permite avaliar não apenas desempenho técnico, mas também clareza comunicacional.

10 Riscos e mitigação

A Tabela 6 resume os principais riscos identificados. O registro de riscos é essencial para antecipar falhas de escopo, desempenho, comunicação e integração.

Tabela 5: Critérios mínimos de aceite para a demonstração

Critério	Condição mínima
Controle	O visitante consegue controlar o drone sem instruções longas.
Estabilidade	A simulação executa sem travamentos durante demonstrações repetidas.
IA	As detecções aparecem de forma estável e com baixa poluição visual.
HUD	O visitante entende o que está sendo detectado e por qual motivo.
Mensagem	O visitante compreende como a IA apoia segurança e monitoramento.
Experiência	O conceito é vivido por interação, não apenas por explicação verbal.

Fonte: documento original do projeto; dados e natureza das afirmações mantidos.

11 Privacidade, segurança e ética

A entrega pública do ArgusMind deve ser baseada em simulação, evitando captura de pessoas reais e reduzindo riscos de privacidade. O projeto não deve usar câmeras reais da escola, não deve realizar reconhecimento facial e não deve armazenar imagens reais de pessoas como parte da demonstração. A comunicação pública deve apresentar o sistema como apoio visual e educacional, não como ferramenta de vigilância invasiva.

Caso o projeto evolua para uso de câmeras reais ou drone físico, serão necessárias autorização formal, finalidade clara, ambiente controlado, limitação de armazenamento e análise de segurança. O uso de memória operacional ou embeddings deve focar eventos, objetos, regiões e descrições, evitando identidade biométrica ou memória persistente de pessoas reais.

Essas diretrizes são centrais para o valor científico e educacional da proposta, pois demonstram que sistemas de IA aplicada a monitoramento devem ser avaliados não apenas por desempenho técnico, mas também por governança, finalidade e impacto social.

12 Ambiente de execução e evolução futura

O ambiente previsto para a demonstração deve priorizar computadores com GPU dedicada, capazes de executar a simulação, o backend, o modelo visual e a HUD com estabilidade. Para desenvolvimento, podem ser usadas máquinas dos integrantes ou laboratório. Como evolução futura, o projeto pode avaliar execução parcial em dispositivo móvel de borda, com otimização por ONNX Runtime/NNAPI ou NCNN, além de testes controlados com drone físico.

O roadmap pode ser dividido em quatro horizontes. No curto prazo, a prioridade é obter simulação estável, controle do drone, detecção visual e HUD clara. No curto e médio prazo, entram memória operacional, logs, resumo final e testes automatizados. No médio prazo, podem ser avaliados eventos simples, rastreamento básico e melhorias de missão. Em horizonte futuro, a arquitetura pode incorporar camadas cognitivas assíncronas, memória vetorial, comandos por linguagem natural e integração física, sempre condicionadas à segurança e à validação.

Tabela 6: Riscos principais e estratégias de mitigação

ID / risco	Impacto / probabilidade	Mitigação
R-01 — Simulação pesada ou instável.	Alto / Média	Começar com cenário pequeno, otimizar assets, usar modelo leve e manter fallback técnico.
R-02 — Apresentação confusa para visitantes.	Alto / Média	Criar missão curta, HUD clara, roteiro de três minutos e testes com pessoas externas.
R-03 — Latência elevada na comunicação backend/cliente.	Médio / Média	Separar canais por tipo de dado e medir latência em testes automatizados.

ID / risco	Impacto / probabilidade	Mitigação
R-04 — Excesso de caixas na tela.	Médio / Média	Limitar classes, filtrar confiança e destacar apenas pontos de interesse.
R-05 — Experiência final indefinida.	Médio / Alta	Discutir com integrantes, registrar decisão e congelar escopo da missão.
R-06 — Backend mobile insuficiente.	Alto / Média	Tratar como extensão futura, otimizar com ONNX/NCNN e manter PC como fallback.
R-07 — Integração com drone físico limitada.	Alto / Média	Tratar como pesquisa interna, não como entrega pública.
R-08 — Módulos de linguagem natural pesados ou difíceis de integrar.	Médio / Alta	Manter como experimento, não como requisito do MVP.
R-09 — Crescimento do escopo além da capacidade do grupo.	Alto / Alta	Aplicar MoSCoW e cortar itens opcionais quando ameaçarem o MVP.

Fonte: documento original do projeto; dados e natureza das afirmações mantidos.

13 Considerações finais

O ArgusMind propõe uma forma segura e didática de demonstrar inteligência artificial aplicada ao monitoramento visual. Ao usar simulação, o projeto reduz riscos operacionais, preserva privacidade e permite repetição controlada da experiência. A arquitetura modular, composta por simulação, HUD, backend, IA visual e persistência local, oferece base técnica para uma prova de conceito escalável.

A principal contribuição do projeto está na integração entre visão computacional em tempo real e experiência interativa compreensível por visitantes. O artigo também evidencia que o sucesso da proposta depende de controle de escopo, testes, clareza visual e diretrizes éticas. Trabalhos futuros podem explorar memória operacional avançada, eventos assíncronos, otimização em dispositivos de borda e integração controlada com drone físico, sem comprometer os limites de privacidade e segurança definidos para o MVP.

Referências

[1]PRINCE2 Wiki.Project Initiation Documentation. Disponível em: https://prince2.wiki/ management-products/baselines/project-initiation-documentation/. Acesso em: jun. 2026.

[2]Project Management Institute.Risk Analysis and Management. Disponível em:https://www. pmi.org/learning/library/risk-analysis-project-management-7070. Acesso em: jun. 2026.

[3]IEEE Standards Association.ISO/IEC/IEEE 29148 Requirements Engineering. Disponível em: https://standards.ieee.org/ieee/29148/5289/. Acesso em: jun. 2026.

[4]Agile Business Consortium.MoSCoW Prioritisation. Disponível em:https://www. agilebusiness.org/dsdm-project-framework/moscow-prioritisation.html. Acesso em: jun. 2026.

[5]Atlassian.RACI chart. Disponível em:https://www.atlassian.com/work-management/ project-management/raci-chart. Acesso em: jun. 2026.

[6]Ultralytics.YOLO26 Documentation. Disponível em:https://docs.ultralytics.com/models/ yolo26. Acesso em: jun. 2026.

[7]NVIDIA.LocateAnything-3B Model Card. Disponível em:https://huggingface.co/nvidia/ LocateAnything-3B. Acesso em: jun. 2026.

[8]Cosys-Lab.Cosys-AirSim Releases. Disponível em: https://github.com/Cosys-Lab/ Cosys-AirSim/releases. Acesso em: jun. 2026.

[9]Microsoft AirSim.Adding New APIs. Disponível em:https://microsoft.github.io/AirSim/ . Acesso em: jun. 2026.adding_new_apis/

[10]FastAPI.WebSockets. Disponível em:https://fastapi.tiangolo.com/advanced/websockets/. Acesso em: jun. 2026.

[11]SQLite.About SQLite. Disponível em:https://www.sqlite.org/about.html. Acesso em: jun. 2026.

[12]ONNX Runtime.NNAPI Execution Provider. Disponível em:https://onnxruntime.ai/docs/ execution-providers/NNAPI-ExecutionProvider.html. Acesso em: jun. 2026.

[13]Ultralytics.NCNN Export for Mobile and Embedded Devices. Disponível em:https://docs. ultralytics.com/integrations/ncnn. Acesso em: jun. 2026.

[14]Samsung Brasil.Galaxy S25 FE. Disponível em:https://www.samsung.com/br/smartphones/ galaxy-s/galaxy-s25-fe-navy-256gb-sm-s731bdbkzto/. Acesso em: jun. 2026.

[15]DJI.Phantom 3 Standard Specifications. Disponível em:https://www.dji.com/support/ product/phantom-3-standard. Acesso em: jun. 2026.

LEITURAS COMPLEMENTARES INDICADAS PELA EDIÇÃO

ArgusMind

As indicações abaixo foram localizadas em fontes primárias e se relacionam ao tema do projeto. Não são atribuídas como bibliografia utilizada pelos estudantes. Outras indicações herdadas da curadoria, ainda não verificadas, constam apenas do quadro separado; a pertinência e a eventual incorporação ao argumento exigem validação dos autores. Não constituem certificação dos resultados do projeto.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. **Artificial Intelligence Risk Management Framework, AI RMF 1.0**. Gaithersburg, 2023. DOI: 10.6028/NIST.AI.100-1.

S02

ARTIGO / PROJETO

SEGURANÇA E PERCEPÇÃO URBANA

O Uso da Inteligência Artificial para a Localização de Entidades na Sociedade Brasileira com o Uso de Câmeras

Arthur Kochi Suzuki, Henrique Amaral Borges e Nicolas Kenzo Kawakami Goya

DESTAQUE EDITORIAL

A proposta investiga a busca de pessoas em acervos de imagens registrados por câmeras, com foco em aplicações urbanas e institucionais e em seus requisitos de uso responsável.

DESCRITORES

busca visual; pessoas; câmeras; visão computacional; ética

Identificação nesta versão: Arthur Kochi Suzuki, Henrique Amaral Borges e Nicolas Kenzo Kawakami Goya. *O Uso da Inteligência Artificial para a Localização de Entidades na Sociedade Brasileira com o Uso de Câmeras*. In: *Conexões Colégio FECAP: Smart City*. Versão para avaliação institucional, 2026, p. 145–147.

Síntese de leitura elaborada pela edição a partir do documento disponível. Funcionalidades descritas não são, por si, evidência de implementação ou desempenho validado. A autoria segue a relação fornecida; conferências e divergências constam do controle separado.

TRABALHO DISCENTE

O Uso da Inteligência Artificial para a Localização de Entidades na Sociedade Brasileira com o Uso de Câmeras

Arthur Kochi Suzuki, Henrique Amaral Borges e Nicolas Kenzo Kawakami Goya

Curso técnico de Inteligência Artificial, Colégio FECAP, São Paulo, Brasil

Nota editorial sobre a natureza do trabalho. Proposta de localização de entidades por câmeras. Uso de imagens, identificação de pessoas e vieses exigem avaliação técnica e institucional. As afirmações científicas permanecem sob responsabilidade dos autores; validações e pendências específicas constam do controle separado.

Resumo Este artigo apresenta um projeto científico inserido no tema Smart Cities – Inteligência Artificial Aplicada à Cidade Contemporânea, com foco no desenvolvimento de uma solução de visão computacional para localizar pessoas em acervos de imagens previamente registradas por câmeras. A proposta considera demandas reais da sociedade brasileira, em especial em ambientes urbanos e institucionais que já utilizam monitoramento visual, mas ainda dependem de buscas manuais lentas e sujeitas a falhas. O sistema concebido realiza ingestão de imagens, detecção de pessoas, extração de características visuais, busca por similaridade e apresentação de resultados com metadados de tempo e local. O projeto também estabelece um percurso acadêmico integrado para a FECART 2026 do curso de Inteligência Artificial, articulando pesquisa aplicada, desenvolvimento tecnológico, análise ética e validação experimental. Como contribuição, o trabalho descreve as funcionalidades essenciais da solução, seus prerrequisitos técnicos e operacionais, os riscos envolvidos e os resultados esperados em termos de eficiência, organização da informação e apoio à tomada de decisão.

Palavras-chave: smart cities. inteligência artificial. visão computacional. câmeras. Localização de pessoas.

Abstract This article presents a scientific project developed within the theme Smart Cities – Artificial Intelligence Applied to the Contemporary City, focusing on a computer vision solution designed to locate people in image collections previously recorded by cameras. The proposal addresses real demands in Brazilian society, especially in urban and institutional environments that already use visual monitoring but still rely on slow and error-prone manual searches. The conceived system performs image ingestion, person detection, visual feature extraction, similarity search, and result presentation with time and location metadata. The project also establishes an integrated academic pathway for FECART 2026 in the Artificial Intelligence program, combining applied research, technological development, ethical analysis, and experimental validation. As its main contribution, the study describes the core functionalities of the solution, its technical and operational prerequisites, the associated risks, and the expected results in terms of efficiency, information organization, and decision support.

Keywords: smart cities. artificial intelligence. computer vision. cameras. person location.

1 Introdução

O avanço das cidades inteligentes está diretamente relacionado à capacidade de transformar dados em ações mais eficientes, seguras e contextualizadas. Nesse cenário, a inteligência artificial amplia a capacidade de interpretação de grandes volumes de informação, especialmente quando aplicada a imagens capturadas por sistemas de monitoramento distribuídos em ambientes urbanos [2, 5]. No contexto brasileiro, esse uso demanda não apenas desempenho tecnológico, mas também aderência a critérios de privacidade, finalidade e proteção de dados pessoais, conforme a legislação vigente [3, 4]. Este trabalho apresenta o descritivo de um projeto

científico cujo objetivo é desenvolver uma inteligência artificial capaz de localizar uma pessoa a partir de imagens já registradas por um sistema de câmeras. A proposta está vinculada ao curso de Inteligência Artificial da FECAP e institui um percurso acadêmico integrado para a FECART 2026, combinando fundamentação teórica, modelagem de requisitos, desenvolvimento de protótipo e análise crítica de impactos sociais. A relevância do projeto está na possibilidade de reduzir o tempo de busca em bases visuais extensas, apoiar investigações internas, organizar fluxos de análise e demonstrar, em escala acadêmica, como soluções de visão computacional podem contribuir para a cidade contemporânea. Para atender à estrutura de artigo científico recomendada pela FECAP, o texto foi organizado em desenvolvimento, resultados, conclusão e referências [4].

2 Desenvolvimento

2.1 Caracterização do projeto

O projeto propõe uma plataforma de apoio à localização de indivíduos em imagens previamente capturadas por câmeras. A lógica do sistema parte de uma imagem de referência autorizada ou de um cadastro permitido no escopo do experimento. Em seguida, o sistema compara essa referência com registros armazenados, identificando ocorrências prováveis e retornando resultados associados a informações como câmera de origem, data, horário e nível de confiança. Do ponto de vista acadêmico, a proposta dialoga com conceitos de cidades inteligentes ao utilizar processamento automatizado para qualificar a gestão de informação visual. Em vez de depender exclusivamente de inspeção manual, o sistema transforma registros dispersos em dados pesquisáveis, o que favorece maior agilidade analítica em contextos institucionais e urbanos.

2.2 Funcionalidades obrigatórias da solução. Para que o protótipo seja coerente com o problema proposto, o sistema deve incorporar as seguintes funcionalidades essenciais:

- cadastro de fontes de imagem, com identificação de câmera, ambiente de instalação e período de coleta;
- importação e organização de imagens e vídeos previamente registrados;
- detecção automática de pessoas nos quadros processados;
- extração de características visuais relevantes para comparação entre indivíduos;
- busca por similaridade entre a imagem de referência e os registros armazenados;
- aplicação de filtros por local, intervalo temporal e grau de confiança;
- visualização dos resultados com metadados e ordenação por probabilidade de correspondência;
- registro de auditoria das consultas realizadas;
- mecanismos de autenticação, controle de acesso e proteção mínima dos dados utilizados.

2.3 Prerrequisitos do sistema A construção da solução depende de prerrequisitos de infraestrutura, software, dados e governança. Em hardware, recomenda-se uma estação de processamento com capacidade adequada para modelos de visão computacional, armazenamento compatível com bases de imagens e, preferencialmente, GPU para acelerar inferência e experimentos. Em software, são necessários ambiente de desenvolvimento compatível com bibliotecas de inteligência artificial, banco de dados para metadados, interface de consulta e mecanismos de segurança. No campo dos dados, a qualidade das imagens é determinante para o desempenho do sistema. Registros com baixa iluminação, oclusões, resolução insuficiente ou metadados incompletos reduzem a confiabilidade das buscas. Em termos institucionais, o projeto exige delimitação clara da finalidade, rastreabilidade de uso, regras de retenção e descarte e conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais [3]. Esses requisitos reforçam que o sistema deve operar como instrumento de apoio à análise, e não como mecanismo autônomo de decisão sensível.

2.4 Procedimentos metodológicos A execução do projeto pode ser organizada em quatro frentes complementares. A primeira é a revisão bibliográfica sobre cidades inteligentes, inteligência artificial, visão computacional e proteção de dados. A segunda consiste na definição do escopo, dos requisitos funcionais e não funcionais e dos critérios éticos de uso. A terceira envolve a implementação do protótipo com módulos de ingestão, processamento, comparação e visualização. A quarta corresponde à validação experimental, com análise de precisão, tempo de resposta, robustez e limitações da solução. Esse encadeamento metodológico fortalece a

natureza científica do trabalho, pois permite observar o problema, construir uma proposta técnica, testá-la em ambiente controlado e discutir criticamente seus alcances e restrições. Resultados Como resultado esperado, o projeto deve produzir um protótipo funcional capaz de demonstrar a viabilidade da localização automatizada de pessoas em conjuntos de imagens previamente armazenadas. Espera-se que a solução reduza o tempo de busca quando comparada ao procedimento manual, organize dados visuais de modo mais estruturado e ofereça uma interface objetiva para rastreamento acadêmico de ocorrências. Outro resultado relevante é a formação técnica e crítica dos estudantes envolvidos. O desenvolvimento do sistema exige conhecimentos de programação, visão computacional, tratamento de dados, arquitetura de software e responsabilidade ética. Dessa forma, o projeto não apenas entrega um artefato tecnológico, mas também consolida competências profissionais e científicas coerentes com o perfil do curso de Inteligência Artificial. Também são esperados resultados analíticos relacionados às limitações do sistema. Situações de baixa qualidade visual, mudanças de pose, iluminação desfavorável e semelhança entre indivíduos podem comprometer o desempenho do modelo. Esses resultados, ainda que apontem limitações, são importantes para delimitar as condições reais de uso e orientar futuras melhorias.

4 Conclusão O projeto O uso da inteligência artificial para a localização de entidades na sociedade brasileira com o uso de câmeras apresenta uma proposta compatível com o tema Smart Cities – Inteligência Artificial Aplicada à Cidade Contemporânea, ao articular tecnologia, análise de dados e necessidades práticas da sociedade brasileira. A solução concebida utiliza visão computacional para transformar imagens previamente registradas em informação pesquisável, permitindo localizar indivíduos com mais rapidez e organização. Sob a perspectiva acadêmica, o trabalho atende ao propósito de instituir um percurso integrado para a FECART 2026, conectando pesquisa, desenvolvimento e reflexão ética. Sob a perspectiva técnica, evidencia que a adoção de inteligência artificial em ambientes monitorados depende tanto de desempenho computacional quanto de critérios rigorosos de governança, privacidade e controle institucional. Assim, o projeto se afirma como uma contribuição pertinente para o debate sobre aplicações responsáveis de inteligência artificial na cidade contemporânea. Referências [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6022: informação e documentação – artigo em publicação periódica técnica e/ou científica – apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2018. [2] BATTY, Michael et al. Smart cities of the future. The European Physical Journal Special Topics, v. 214, n. 1, p. 481–518, 2012. [3] BRASIL. Lei n. 13.709, de 14 de agosto de 2018. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). Brasília, DF: Presidência da República, 2018.[4] FUNDAÇÃO ESCOLA DE COMÉRCIO ÁLVARES PENTEADO. Manual ABNT: regras gerais de estilo e formatação de trabalhos acadêmicos. 5. ed. rev. ampl. São Paulo: Biblioteca FECAP Paulo Ernesto Tolle, 2021. [5] RUSSELL, Stuart; NORVIG, Peter. Artificial intelligence: a modern approach. 4. ed. Hoboken: Pearson, 2021

Logística: 1- Mesa de 50 x 100 cm 2- Tomada capaz de suportar um p.c. com mais de 3 câmeras 3- 3 câmeras (1 simples 1 webcam e 1 da FECAP) 4- Uma extensão com 5 saídas 5- Cabos USB-C (Tipo C) para a transferência de dados e vídeos

S03

ARTIGO / PROJETO

SEGURANÇA E PERCEPÇÃO URBANA

FECART V: Arquitetura Standalone para Biometria Facial, Rastreamento Autônomo e Monitoramento em Tempo Real

João Gouvêa Ferreira, Gustavo Pereira Silva e Renato Lima de Oliveira

DESTAQUE EDITORIAL

O sistema reúne detecção, rastreamento, biometria e banco local em um executável portátil, priorizando operação sem servidor externo e implantação simplificada.

DESCRITORES

biometria facial; rastreamento; aplicação standalone; SQLite; privacidade

Identificação nesta versão: João Gouvêa Ferreira, Gustavo Pereira Silva e Renato Lima de Oliveira. *FECART V: Arquitetura Standalone para Biometria Facial, Rastreamento Autônomo e Monitoramento em Tempo Real*. In: *Conexões Colégio FECAP: Smart City*. Versão para avaliação institucional, 2026, p. 149–154.

Síntese de leitura elaborada pela edição a partir do documento disponível. Funcionalidades descritas não são, por si, evidência de implementação ou desempenho validado. A autoria segue a relação fornecida; conferências e divergências constam do controle separado.

TRABALHO DISCENTE

FECART V: Arquitetura Standalone para Biometria Facial, Rastreamento Autônomo e Monitoramento em Tempo Real

João Gouvêa Ferreira, Gustavo Pereira Silva e Renato Lima de Oliveira

Curso técnico de Inteligência Artificial, Colégio FECAP, São Paulo, Brasil

Nota editorial sobre a natureza do trabalho. Descrição técnica de aplicação standalone e análise conceitual. Tamanho do executável e mecanismos de segurança são informações dos autores, sem auditoria nesta revisão. As afirmações científicas permanecem sob responsabilidade dos autores; validações e pendências específicas constam do controle separado.

Resumo Este artigo apresenta o FECART V (Ultimate Version), um sistema portátil de biometria facial, rastreamento autônomo e monitoramento em tempo real orientado à segurança de ambientes. A proposta integra algoritmos de Visão Computacional e Aprendizado Profundo, incluindo YOLOv8, OpenCV e dlib, para detecção, acompanhamento e mapeamento biométrico de pessoas em movimento. O principal desafio abordado é a portabilidade de sistemas de Inteligência Artificial computacionalmente densos, tradicionalmente dependentes de ambientes configurados, servidores externos ou bibliotecas instaladas localmente. Para superar essa limitação, o FE- CART V foi concebido como uma aplicação standalone em Python, empacotada em um único executável para Windows, com aproximadamente 732 MB, dispensando a instalação prévia de dependências no computador do operador. O sistema utiliza SQLite como banco relacional embarcado para armazenamento local de cadastros, embeddings biométricos criptografados e logs operacionais. Adicionalmente, incorpora a assistente inteligente A.N.T.I, responsável por interpretar ocorrências e emitir alertas verbais por Text-to-Speech, ampliando a consciência situacional do operador humano. A análise conceitual sugere que a combinação entre mapeamento biométrico de 360°, arquitetura local e interface interativa produz uma solução robusta para cenários nos quais conectividade, servidores externos ou infraestrutura corporativa não estão disponíveis. Palavras-chave: biometria facial; visão computacional; YOLOv8; SQLite; sistemas standalone; monitoramento em tempo real; Text-to-Speech.

Resumo Abstract—This paper presents FECART V (Ultimate Version), a portable system for facial biometrics, autonomous tracking, and real-time security monitoring. The proposal integrates Computer Vision and Deep Learning algorithms, including YOLOv8, OpenCV, and dlib, to detect, track, and biometrically map moving individuals. The core problem addressed is the portability of computationally intensive AI systems, which commonly depend on configured environments, external servers, or locally installed libraries. To overcome this limitation, FECART V was designed as a Python-based standalone application, packaged into a single Windows executable of approximately 732 MB, eliminating the need for dependency installation on the end-user machine. The system adopts SQLite as an embedded relational database for local storage of registrations, encrypted biometric embeddings, and operational logs. Furthermore, it incorporates the A.N.T.I intelligent assistant, which monitors events and autonomously issues Text-to-Speech voice alerts, improving human operator awareness. The conceptual analysis suggests that combining 360° biometric mapping, local-first architecture, and an interactive interface yields a robust solution for environments where connectivity, external servers, or enterprise infrastructure are unavailable or impractical. Keywords: facial biometrics; computer vision; YOLOv8; SQLite; standalone systems; realtime monitoring; Text-to-Speech.

1 Introdução

A demanda por sistemas de segurança inteligentes tem crescido em ambientes institucionais, residenciais, industriais e acadêmicos, especialmente em contextos que exigem monitoramento contínuo, identificação confiável de pessoas e rápida interpretação de eventos. Soluções convencionais de videomonitoramento frequentemente dependem da observação manual por operadores humanos, o que aumenta a probabilidade de falhas por fadiga, distração ou sobrecarga cognitiva. Paralelamente, sistemas de biometria facial baseados em Inteligência Artificial costumam demandar infraestrutura robusta, instalação de bibliotecas especializadas, servidores externos, bancos de dados dedicados e conectividade estável, fatores que dificultam sua adoção em cenários portáteis ou de campo. Nesse contexto, o FECART V (Ultimate Version) é proposto como uma plataforma autônoma, portátil e local-first para biometria facial e rastreamento em tempo real. O sistema combina algoritmos modernos de detecção de objetos, técnicas clássicas e contemporâneas de Visão Computacional, armazenamento embarcado e uma interface operacional orientada à usabilidade. Seu objetivo é permitir que um operador execute procedimentos de monitoramento inteligente sem depender de instalação complexa, internet permanente ou servidores de banco de dados externos. O diferencial técnico do FECART V reside em três eixos principais. O primeiro é o mapeamento biométrico de 360°, que busca capturar representações faciais em diferentes ângulos e condições de movimento, aumentando a robustez dos embeddings e reduzindo falsos positivos. O segundo é a arquiteturastandalone, na qual toda a aplicação é empacotada em um executável único para Windows, incluindo bibliotecas de Deep Learning, Visão Computacional e recursos de interface. O terceiro é a presença da A.N.T.I, uma assistente de Inteligência Artificial interativa que monitora ocorrências e emite respostas verbais via Text-to-Speech (TTS), apoiando a tomada de decisão humana. Este artigo descreve os fundamentos metodológicos, a arquitetura de software, a organização dos dados e as características de interação humano-sistema do FECART V. A estrutura segue um formato técnico-acadêmico inspirado em convenções ABNT/IEEE, contemplando Resumo, Introdução, Metodologia, Arquitetura do Sistema, Resultados e Conclusão.

2 Metodologia

A metodologia do FECART V é baseada em um fluxo computacional composto por aquisição de vídeo, detecção de pessoas, rastreamento temporal, extração biométrica, comparação vetorial, registro de telemetria e comunicação com o operador. Cada quadro capturado é analisado por módulos especializados, os quais transformam dados visuais brutos em eventos semânticos compreensíveis.

2.1 Aquisição de vídeo e integração com hardware

O sistema foi concebido para operar com câmeras locais, câmeras IP e dispositivos embarcados baseados em ESP32. Essa integração amplia o campo de aplicação do FECART V, permitindo desde o uso em notebooks e estações Windows até instalações com sensores distribuídos. A camada de aquisição é responsável por padronizar os fluxos de vídeo e disponibilizá-los aos módulos de detecção e rastreamento. Além da imagem, a arquitetura prevê telemetria associada ao alvo, incluindo distância estimada entre pessoa e câmera e estado de movimento. Esses dados são relevantes para segurança operacional, pois permitem distinguir aproximações, afastamentos, permanência suspeita e desloc amentos no campo visual.

2.2 Detecção e rastreamento com Deep Learning

A detecção inicial de pessoas é realizada por meio de modelos YOLOv8, cuja principal vantagem é a capacidade de localizar objetos em tempo real com equilíbrio entre precisão e desempenho. Em cada quadro, o detector delimita regiões de interesse que potencialmente contêm indivíduos. Em seguida, rotinas baseadas em OpenCV realizam pré-processamento, filtragem, normalização de coordenadas e suporte ao rastreamento temporal. O rastreamento autônomo mantém a identidade visual do alvo ao longo de quadros sucessivos. Essa etapa é fundamental porque evita que cada detecção seja tratada como um evento isolado. Em vez disso, o sistema constrói uma trajetória temporal, permitindo associar medições de distância, estado de movimento e histórico biométrico a uma mesma pessoa observada.

2.3 Mapeamento biométrico de 360°

O mapeamento biométrico de 360° constitui o núcleo metodológico do FECART V. Em sistemas faciais tradicionais, a captura biométrica tende a ser mais confiável quando o indivíduo está frontalmente posicionado em relação à câmera. Entretanto, em ambientes reais, pessoas se movimentam, giram a cabeça, sofrem oclusões parciais e variam sua distância em relação ao sensor. Esses fatores podem degradar a qualidade do embedding facial e aumentar a taxa de falsos positivos ou falsos negativos. Para mitigar esse problema, o FECART V extrai embeddings faciais matemáticos em diferentes perspectivas do alvo durante o rastreamento. A biblioteca dlib é empregada no processamento facial e na construção de descritores vetoriais, enquanto rotinas de OpenCV auxiliam no alinhamento, recorte e normalização das faces. Ao acumular representações obtidas em múltiplos ângulos, o sistema passa a comparar uma assinatura biométrica mais rica, não limitada a uma única pose frontal. Do ponto de vista matemático, cada face pode ser representada por um vetore i ∈R n, no qualncorresponde à dimensionalidade do embedding. Para uma pessoa cadastrada, o conjunto biométrico pode ser expresso como:

$$B_p = \{\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, \ldots, \mathbf{e}_k\}. \tag{1}$$

em quekrepresenta a quantidade de capturas válidas em diferentes orientações. A comparação entre um novo embeddingqe uma pessoappode considerar a menor distância vetorial observada:

$$d(q, p) = \min_{\mathbf{e}_i \in B_p} \|\mathbf{q} - \mathbf{e}_i\|_2. \tag{2}$$

Essa estratégia reduz falsos positivos ao evitar que uma decisão seja tomada com base em uma única amostra ruidosa. Ao mesmo tempo, reduz falsos negativos porque aumenta a chance de haver, no banco biométrico, uma representação compatível com a pose observada no momento da identificação.

2.4 Tomada de decisão e geração de eventos

Após a comparação biométrica, o sistema classifica o alvo como cadastrado, desconhecido ou inconclusivo, dependendo dos limiares definidos para distância vetorial e confiança operacional. Eventos relevantes são enviados ao painel de controle e registrados no banco de dados local. A assistente A.N.T.I atua sobre essa camada de eventos, convertendo ocorrências em mensagens audíveis, tais como alertas de aproximação, identificação de pessoa cadastrada ou detecção de movimento anômalo.

3 Arquitetura do Sistema

A arquitetura do FECART V foi projetada segundo princípios de portabilidade, autonomia local, baixa dependência externa e facilidade de implantação. O sistema assume que, em muitos cenários de segurança, a infraestrutura disponível pode ser limitada: não há garantia de internet estável, servidores PostgreSQL podem ser inviáveis, e computadores de operação podem não permitir instalação de bibliotecas de IA.

3.1 Aplicação standalone em Python

O software foi implementado como uma aplicação standalone em Python e empacotado por ferramentas como PyInstaller ou Nuitka em um único executável para Windows. O artefato final possui aproximadamente 732 MB, tamanho justificado pela inclusão de bibliotecas de Deep Learning, Visão Computacional, recursos de interface, mecanismos de TTS e dependências nativas necessárias à execução. A decisão de produzir um executável monolítico traz vantagens operacionais relevantes. Primeiramente, elimina a necessidade de instalar Python, gerenciadores de pacotes ou bibliotecas no computador do cliente final. Em segundo lugar, reduz erros de configuração decorrentes de versões incompatíveis de dependências. Por fim, favorece a distribuição do sistema em ambientes restritos, nos quais permissões administrativas são limitadas ou inexistentes.

3.2 Banco de dados relacional embarcado

O FECART V utiliza SQLite como banco de dados relacional embarcado. Essa escolha é adequada para aplicações locais de alta portabilidade, pois o banco opera como um arquivo autocontido, sem exigir serviço de servidor, autenticação remota ou infraestrutura de rede. Em ambientes nos quais internet e servidores externos são indisponíveis ou inviáveis, o SQLite permite persistência confiável e desempenho suficiente para registros operacionais de baixa latência. A estrutura lógica do banco contempla três tabelas principais, descritas na Tabela 1. O armazenamento criptografado dos embeddings é especialmente relevante porque descritores biométricos, embora matemáticos, representam dados sensíveis. Dessa forma, o sistema evita tratar a biometria apenas como um recurso técnico, incorporando também uma preocupação com confidencialidade e governança dos registros locais.

3.3 Interface de operação e experiência do usuário

O painel de controle adota uma estética inspirada no estilo Cyberpunk, caracterizada por alto contraste, organização visual orientada a alertas e elementos gráficos que favorecem leitura rápida

Tabela 1: Estrutura conceitual do banco de dados do FECART V

Tabela	Finalidade
persons	Armazena cadastros de indivíduos, incluindo identificadores internos, nomes, metadados e atributos administrativos.
biometrics	Armazena embeddings faciais matemáticos criptografados, associados às pessoas cadastradas e às capturas de diferentes ângulos.
logs	Registra eventos operacionais, incluindo data e hora, pessoa identificada, distância calculada em relação à câmera e estado de movimento.

Fonte: documento original do projeto; dados e natureza das afirmações mantidos.

em situações de monitoramento. A escolha estética não é meramente decorativa: em sistemas de segurança, a interface precisa facilitar a interpretação de risco, destacar ocorrências e reduzir a carga cognitiva do operador. Os módulos visuais do painel apresentam informações como fluxo de vídeo, alvo rastreado, estado biométrico, telemetria, logs recentes e alertas da A.N.T.I. Essa composição transforma o sistema em uma estação compacta de consciência situacional, na qual eventos computacionais são apresentados de maneira operacionalmente compreensível.

3.4 Assistente inteligente A.N.T.I

A A.N.T.I representa a camada de IA interativa do FECART V. Sua função é observar eventos produzidos pelos módulos de detecção, biometria e telemetria, convertendo-os em respostas verbais autônomas por meio de TTS. Essa característica melhora a experiência do operador porque permite que alertas sejam percebidos mesmo quando a atenção visual está dividida entre múltiplas telas, tarefas ou ambientes físicos. Em termos de interação humano-computador, a A.N.T.I atua como uma mediadora entre dados técnicos e ação humana. Em vez de exigir que o operador interprete continuamente todos os indicadores visuais, o sistema comunica verbalmente ocorrências relevantes, reduzindo tempo de reação e aumentando a acessibilidade operacional.

4 Resultados e Discussão

Os resultados do FECART V podem ser analisados sob quatro dimensões: portabilidade, desempenho operacional, robustez biométrica e interação com o operador. Embora este artigo descreva o sistema em nível técnico-conceitual, as características arquiteturais permitem identificar ganhos claros em relação a soluções tradicionais dependentes de instalação local complexa ou servidores externos.

4.1 Portabilidade e implantação

O empacotamento em executável único resolve um dos principais obstáculos de sistemas de IA aplicados: a reprodução do ambiente computacional. Bibliotecas como OpenCV, dlib e componentes associados a Deep Learning podem apresentar dependências nativas, conflitos de versão e requisitos específicos de compilação. Ao encapsular esses componentes em um pacote único, o FECART V reduz o atrito de implantação e permite que o sistema seja transportado e executado em máquinas Windows compatíveis sem preparação técnica extensa. O tamanho aproximado de 732 MB deve ser interpretado como consequência da autonomia do pacote. Diferentemente de aplicações leves que transferem dependências para instalação posterior, o FECART V incorpora os recursos necessários para operar offline, favorecendo ambientes nos quais a confiabilidade é mais importante que a redução extrema do tamanho do instalador.

4.2 Robustez biométrica

O mapeamento biométrico de 360° melhora a robustez do reconhecimento ao considerar a variabilidade natural da face em movimento. Em vez de depender de uma única captura frontal, o sistema amplia o conjunto de embeddings associados a cada pessoa. Essa abordagem fortalece a comparação vetorial e torna a identificação menos sensível a mudanças de pose, iluminação parcial e deslocamento do alvo. A redução de falsos positivos decorre da exigência de compatibilidade matemática consistente entre o embedding consultado e o conjunto biométrico armazenado. Quando múltiplas amostras qualificadas estão disponíveis, o sistema pode rejeitar correspondências frágeis que só seriam aceitas em modelos com representação única e pouco diversa. Consequentemente, a decisão biométrica torna-se mais estável e adequada a ambientes dinâmicos.

4.3 Autonomia de dados

O uso do SQLite consolida a proposta de autonomia local. Como o banco está embarcado na aplicação, logs e cadastros permanecem disponíveis mesmo sem conexão externa. Essa característica é crítica para cenários de campo, protótipos acadêmicos, laboratórios, instalações temporárias e ambientes de segurança nos quais a exposição de dados a servidores remotos pode ser indesejada. Além disso, a separação entrepersons, biometricselogsfavorece manutenção, auditoria e expansão futura. Novas métricas de telemetria, níveis de confiança, categorias de alerta ou integrações com hardware podem ser incorporadas sem descaracterizar o modelo relacional central.

4.4 Interação operacional

A presença da A.N.T.I amplia o valor do sistema ao adicionar uma camada de comunicação ativa. Em ambientes de vigilância, alertas exclusivamente visuais podem passar despercebidos. A emissão de respostas em áudio permite que o operador receba informações críticas de forma redundante, combinando percepção visual e auditiva. Essa integração também contribui para uma experiência mais natural de supervisão, aproximando o sistema de um assistente operacional em tempo real. A mascote IA deixa de ser apenas um elemento estético e passa a cumprir função prática: interpretar eventos, priorizar ocorrências e comunicar estados relevantes por voz.

5 Conclusão

Este artigo apresentou o FECART V (Ultimate Version), um sistema autônomo, portátil e local-first para biometria facial, rastreamento de pessoas e monitoramento em tempo real. A solução combina

YOLOv8, OpenCV e dlib para detecção, rastreamento e extração de embeddings faciais, integrando ainda câmeras IP e dispositivos ESP32 para aquisição de vídeo e telemetria. A principal contribuição do sistema está na união entre robustez computacional e viabilidade operacional. O mapeamento biométrico de 360° aumenta a confiabilidade da identificação ao capturar múltiplas representações faciais do alvo em movimento, reduzindo a dependência de poses frontais e mitigando falsos positivos. A arquiteturastandalone, empacotada

em executável único de aproximadamente 732 MB, resolve o problema de portabilidade de sistemas pesados de IA ao dispensar instalação de bibliotecas no computador final. O uso do SQLite reforça a autonomia da solução, tornando-a apropriada para ambientes sem internet, sem servidores externos ou sem infraestrutura corporativa dedicada. Por fim, a assistente A.N.T.I representa um diferencial relevante de interação humanosistema. Ao emitir alertas verbais por TTS, a mascote IA melhora a experiência do operador humano, reduz a dependência exclusiva da atenção visual e contribui para respostas mais rápidas diante de ocorrências críticas. Como trabalhos futuros, recomenda-se avaliar quantitativamente métricas de acurácia biométrica, latência por quadro, consumo computacional, tempo de resposta da A.N.T.I e desempenho comparativo entre diferentes configurações de hardware.

S04

ARTIGO / PROJETO

SEGURANÇA E PERCEPÇÃO URBANA

Sistema Inteligente de Detecção de Anomalias em Ambientes Utilizando Webcam e Inteligência Artificial

Pedro Victorio dos Santos Forseto, João Vítor Takiy Olo e Luis Kenji Okuda Okasawa

DESTAQUE EDITORIAL

A aplicação aprende padrões usuais de movimento captados por webcam e sinaliza desvios para verificação humana, evitando classificar intenções ou perfis de pessoas.

DESCRITORES

anomalias; webcam; movimento; desenvolvimento assistido; supervisão humana

Identificação nesta versão: Pedro Victorio dos Santos Forseto, João Vítor Takiy Olo e Luis Kenji Okuda Okasawa. *Sistema Inteligente de Detecção de Anomalias em Ambientes Utilizando Webcam e Inteligência Artificial*. In: *Conexões Colégio FECAP: Smart City*. Versão para avaliação institucional, 2026, p. 156–162.

Síntese de leitura elaborada pela edição a partir do documento disponível. Funcionalidades descritas não são, por si, evidência de implementação ou desempenho validado. A autoria segue a relação fornecida; conferências e divergências constam do controle separado.

TRABALHO DISCENTE

Sistema Inteligente de Detecção de Anomalias em Ambientes Utilizando Webcam e Inteligência Artificial

Pedro Victorio dos Santos Forseto, João Vítor Takiy Olo e Luis Kenji Okuda Okasawa

Curso técnico de Inteligência Artificial, Colégio FECAP, São Paulo, Brasil

Nota editorial sobre a natureza do trabalho. Proposta de detecção de anomalias por webcam. A definição de comportamento anômalo e o desempenho precisam de validação contextual. As afirmações científicas permanecem sob responsabilidade dos autores; validações e pendências específicas constam do controle separado.

Resumo

Este artigo apresenta a proposta de desenvolvimento de um sistema inteligente de monitoramento por webcam, voltado à detecção de movimentações incomuns em ambientes escolares, corporativos e educacionais. O projeto será desenvolvido com o auxílio da plataforma Antigravity, considerando explicitamente que o responsável pela criação do sistema não possui experiência prévia em programação. Dessa forma, a proposta valoriza o uso de inteligência artificial como apoio ao desenvolvimento de software, permitindo que comandos em linguagem natural, explicações automáticas, geração assistida de código e correções guiadas sejam utilizados para construir uma aplicação funcional. O sistema proposto utilizará visão computacional para capturar imagens em tempo real por meio da webcam e inteligência artificial para aprender padrões normais de movimentação do ambiente. Após um período inicial de observação, o sistema deverá identificar desvios significativos em relação ao comportamento habitual, emitindo alertas visuais para que um operador humano verifique a situação. A proposta não busca detectar agressões, crimes, assaltos, emoções ou intenções humanas, nem classificar pessoas como perigosas. O objetivo é apenas apontar eventos visuais fora do padrão observado. A metodologia contempla planejamento simplificado, uso orientado do Antigravity, criação da interface, integração da webcam, detecção de movimento ou pessoas, aprendizado do comportamento normal, geração de alertas, registro de ocorrências, testes e validação. Conclui-se que o projeto é viável como trabalho técnico ou de iniciação científica, desde que sejam respeitadas as limitações da inteligência artificial, a necessidade de supervisão humana e os princípios éticos relacionados ao uso de câmeras.

Palavras-chave: visão computacional; inteligência artificial; Antigravity; detecção de anomalias; monitoramento inteligente.

1 Introdução

A presença de tecnologias digitais em atividades escolares, profissionais e científicas tem permitido que pessoas sem formação avançada em programação desenvolvam soluções computacionais cada vez mais complexas. Plataformas baseadas em inteligência artificial, como o Antigravity, possibilitam a criação de programas por meio de orientações em linguagem natural, geração automática de trechos de código, explicação de erros e apoio na organização de projetos. Esse cenário torna possível que estudantes e iniciantes construam aplicações tecnológicas mesmo sem dominar previamente linguagens de programação.

Este artigo propõe o desenvolvimento de um sistema inteligente de detecção de anomalias em ambientes utilizando webcam, visão computacional e inteligência artificial. A proposta parte de uma condição prática

importante: o desenvolvedor não sabe programar ou possui conhecimento muito limitado sobre programação. Por esse motivo, o projeto não será estruturado como uma pesquisa destinada a especialistas em computação, mas como uma aplicação técnica viável para estudantes de ensino médio técnico, feira científica ou iniciação científica, utilizando o Antigravity como ferramenta principal de apoio.

O sistema funcionará em um computador comum, utilizando a webcam como fonte de captura de vídeo em tempo real. A partir das imagens capturadas, o software deverá observar padrões de movimentação no ambiente, aprender como o espaço normalmente se comporta e emitir um alerta quando ocorrer uma movimentação significativamente diferente do padrão habitual. O alerta deverá ser visual, destacando a ocorrência na tela e registrando data e horário do evento. Opcionalmente, o sistema poderá armazenar uma captura da imagem, desde que isso seja autorizado e respeite critérios de privacidade.

É importante destacar que o objetivo do projeto não é detectar agressões, assaltos, crimes, emoções ou intenções humanas. O sistema também não deve classificar pessoas como agressivas, suspeitas ou perigosas. A proposta limita-se à detecção de anomalias visuais, entendidas como movimentações ou padrões incomuns em comparação com aquilo que foi observado anteriormente no ambiente. Assim, uma anomalia não significa necessariamente uma situação de risco; significa apenas que algo ocorreu de forma diferente do padrão esperado.

Essa distinção é essencial porque sistemas de inteligência artificial não compreendem o contexto social completo de uma cena. Uma movimentação rápida, um agrupamento de pessoas ou uma mudança repentina no fluxo do ambiente pode ter diferentes explicações. Por isso, o sistema deve funcionar como ferramenta de apoio ao operador humano, e não como mecanismo autônomo de julgamento. A decisão sobre a importância do evento deve permanecer sob responsabilidade humana.

O objetivo geral deste trabalho é apresentar uma proposta de sistema de monitoramento inteligente acessível a iniciantes, utilizando o Antigravity para auxiliar no desenvolvimento. Os objetivos específicos são: explicar os fundamentos de visão computacional e detecção de anomalias; descrever uma metodologia adequada para quem não sabe programar; apresentar as etapas de criação do sistema; discutir resultados esperados, limitações técnicas, falsos positivos e questões éticas; e demonstrar a viabilidade do projeto para ambientes educacionais e institucionais.

2 Fundamentação Teórica

A visão computacional é uma área da computação que busca permitir que máquinas processem e interpretem informações visuais provenientes de imagens ou vídeos. Em um sistema com webcam, a câmera captura uma sequência de imagens, chamadas de quadros ouframes. Ao comparar esses quadros ao longo do tempo, o computador pode identificar mudanças na cena, como deslocamento de pessoas, alterações de iluminação, entrada ou saída de objetos e formação de grupos.

Para um desenvolvedor iniciante, não é necessário compreender todos os detalhes matemáticos envolvidos na visão computacional para construir um protótipo funcional. O mais importante é entender o princípio geral: o sistema recebe imagens da webcam, transforma essas imagens em dados e procura diferenças relevantes entre o que está acontecendo agora e o que normalmente acontece no ambiente. O Antigravity pode auxiliar na criação do código responsável por acessar a câmera, processar os quadros e exibir os resultados em uma interface.

A inteligência artificial é o campo que desenvolve sistemas capazes de aprender padrões, reconhecer regularidades e apoiar decisões com base em dados. No projeto proposto, a inteligência artificial não será usada para julgar pessoas nem interpretar intenções humanas. Seu papel será observar informações visuais e identificar desvios em relação a um padrão previamente aprendido. Essa abordagem é adequada para projetos educacionais porque permite demonstrar conceitos de aprendizagem automática sem depender de classificações sensíveis ou perigosas sobre indivíduos.

A detecção de anomalias é uma técnica utilizada para identificar eventos que se afastam do comportamento considerado normal. Em vez de ensinar ao sistema todos os tipos possíveis de problema, a proposta é permitir que ele observe o funcionamento comum do ambiente e depois indique quando algo parece diferente. Por

exemplo, se uma sala normalmente apresenta pouca movimentação em determinada região, uma movimentação intensa e repentina nesse local pode ser marcada como incomum. No entanto, isso não significa que o sistema saiba o motivo da movimentação.

Existem diferentes formas de implementar a detecção de anomalias. Uma abordagem simples, adequada para iniciantes, consiste em calcular a quantidade de movimento na imagem e comparar esse valor com uma média aprendida durante um período inicial. Outra possibilidade é dividir a imagem em regiões e observar em quais partes ocorrem mudanças mais frequentes. Técnicas mais avançadas podem utilizar modelos prontos de detecção de pessoas, mas isso deve ser adotado apenas se a equipe conseguir testar e compreender o funcionamento básico do sistema.

O uso do Antigravity torna o desenvolvimento mais acessível porque permite que o estudante descreva o que deseja construir e receba sugestões de código, explicações e correções. Em vez de escrever tudo manualmente, o desenvolvedor pode solicitar tarefas como: criar uma janela com vídeo da webcam, desenhar uma caixa quando houver movimento, registrar data e horário de um alerta ou salvar uma captura de tela. Mesmo assim, é necessário revisar, testar e compreender o funcionamento geral do programa, pois a inteligência artificial pode gerar código incompleto ou inadequado.

Outro conceito importante é o de supervisão humana. Um sistema automatizado pode auxiliar a observação, mas não deve substituir o julgamento humano. Alertas gerados por inteligência artificial precisam ser interpretados por uma pessoa responsável, especialmente quando envolvem imagens de ambientes com circulação de indivíduos. O sistema deve informar apenas que uma movimentação incomum foi detectada, sem afirmar que ocorreu agressão, crime ou perigo.

Também devem ser consideradas questões éticas. O uso de câmeras pode afetar a privacidade das pessoas observadas. Portanto, qualquer teste deve ser realizado em ambiente autorizado, com ciência dos participantes e com armazenamento mínimo de imagens. Quando possível, recomenda-se utilizar vídeos simulados, ambientes controlados ou imagens sem identificação pessoal. O objetivo educacional do projeto deve ser transparente.

3 Metodologia

A metodologia foi organizada para permitir que uma pessoa sem experiência em programação consiga desenvolver o sistema com apoio do Antigravity. A proposta segue uma sequência incremental, na qual cada parte do projeto é criada e testada separadamente antes da integração completa. Essa estratégia reduz a complexidade e facilita a identificação de erros.

A primeira etapa é o planejamento do sistema. Nessa fase, o estudante deve descrever, em linguagem simples, o que o programa precisa fazer. O sistema deverá abrir a webcam, mostrar o vídeo em tempo real, observar movimentações, aprender um padrão normal, emitir alertas visuais, registrar data e horário e, se autorizado, salvar uma imagem do evento. Também devem ser definidos os limites do projeto, deixando claro que ele não detecta crimes, agressões, emoções ou intenções humanas.

A segunda etapa é a preparação do desenvolvimento no Antigravity. O usuário deverá criar um novo projeto e utilizar a plataforma para solicitar ajuda na construção do software. Como o desenvolvedor não sabe programar, os pedidos devem ser objetivos e divididos em pequenas tarefas. Em vez de solicitar o sistema inteiro de uma vez, é mais adequado pedir primeiro uma janela simples, depois a exibição da webcam, depois a detecção de movimento e assim por diante. Essa forma de trabalho permite verificar cada resultado antes de avançar.

A terceira etapa é o desenvolvimento da interface. A interface deve ser simples e compreensível. Ela precisa mostrar a imagem da webcam, indicar se o sistema está em modo de aprendizagem ou monitoramento e exibir uma mensagem clara quando houver movimentação incomum. Recomenda-se utilizar termos técnicos neutros, como “anomalia detectada” ou “movimentação fora do padrão”, evitando palavras como “crime”, “agressão”, “suspeito” ou “perigo”.

A quarta etapa é a integração da webcam. Com auxílio do Antigravity, o estudante deverá criar o módulo que acessa a câmera do computador e exibe o vídeo em tempo real. Essa etapa deve ser testada antes de qualquer recurso avançado. Caso a webcam não funcione, o estudante poderá solicitar ao Antigravity explicações sobre possíveis causas, como permissão de acesso, escolha incorreta da câmera ou biblioteca mal configurada.

A quinta etapa é a detecção inicial de movimento ou pessoas. Para um iniciante, recomenda-se começar com detecção de movimento, pois ela é mais simples do que reconhecimento de pessoas. O sistema pode comparar quadros consecutivos da webcam e destacar regiões onde houve alteração significativa. Se o projeto evoluir, pode-se testar um modelo pronto de detecção de pessoas, mas sempre mantendo o limite ético de não identificar indivíduos nem atribuir características pessoais.

A sexta etapa é o aprendizado do comportamento normal do ambiente. Durante um período inicial, o sistema deverá observar a movimentação comum e calcular uma referência. Essa referência pode ser uma média da quantidade de movimento, uma média por região da tela ou outro indicador simples sugerido pelo Antigravity. O importante é que o sistema tenha uma base de comparação antes de emitir alertas.

A sétima etapa é a identificação de anomalias. Após a fase de aprendizagem, o sistema compara a movimentação atual com o padrão aprendido. Quando a diferença ultrapassar um limite definido, o programa gera um evento de possível anomalia. Esse limite deve ser ajustável, pois ambientes diferentes apresentam níveis diferentes de movimento. Um limite muito sensível pode gerar muitos falsos positivos, enquanto um limite pouco sensível pode deixar de detectar eventos relevantes.

A oitava etapa é a geração de alertas. Quando uma anomalia for detectada, a interface deve exibir um alerta visual, como uma mensagem colorida, uma borda na tela ou o destaque da região onde ocorreu o movimento incomum. O alerta deve indicar que a situação precisa ser verificada por uma pessoa. O sistema não deve apresentar conclusões definitivas sobre o evento.

A nona etapa é o registro de ocorrências. Cada alerta deve gerar um registro contendo data, horário e uma descrição simples, como “movimentação acima do padrão”. Opcionalmente, poderá ser salva uma captura da imagem, desde que haja autorização. Esse registro servirá para avaliar o desempenho do sistema e identificar ajustes necessários.

A décima etapa é a realização de testes e validação. O estudante deverá testar o sistema em situações controladas, como ambiente vazio, entrada de uma pessoa, entrada de várias pessoas, movimentação rápida, mudança de iluminação e deslocamento de objetos. Os resultados devem ser anotados e comparados com a observação humana. A validação deve verificar se os alertas fazem sentido e se o sistema gera muitos falsos positivos.

4 Desenvolvimento do Projeto

O desenvolvimento do projeto deverá ser conduzido de forma modular, com apoio contínuo do Antigravity. O primeiro módulo será responsável por abrir a webcam e exibir a imagem em tempo real. Esse módulo é a base do sistema, pois sem captura de vídeo não há dados para análise. O estudante deverá confirmar se a imagem aparece corretamente antes de avançar para as próximas etapas.

O segundo módulo será o de interface. Ele deverá apresentar botões ou comandos simples, como iniciar aprendizagem, iniciar monitoramento e encerrar o sistema. Também deverá mostrar mensagens de estado, indicando se o programa está aprendendo o comportamento normal ou monitorando possíveis anomalias. Essa organização facilita o uso por pessoas que não têm conhecimento técnico.

O terceiro módulo será o de análise visual. Em uma versão inicial, o sistema poderá converter os quadros da webcam para escala de cinza, comparar imagens consecutivas e calcular a quantidade de pixels alterados. O estudante não precisa escrever esses procedimentos sozinho; poderá pedir ao Antigravity que implemente a função e explique, em linguagem simples, o que cada parte faz. A compreensão conceitual é mais importante do que a memorização da sintaxe do código.

O quarto módulo será o de aprendizagem do padrão normal. O sistema deverá observar o ambiente por um período determinado, por exemplo alguns minutos, e calcular valores médios de movimentação. Esses valores formarão a referência do comportamento esperado. Caso o ambiente mude muito de iluminação ou fluxo de pessoas, será necessário repetir a fase de aprendizagem.

O quinto módulo será o detector de anomalias. Ele comparará os dados atuais com a referência aprendida. Se o movimento observado estiver muito acima do padrão, o sistema indicará uma possível anomalia. O Antigravity poderá auxiliar na criação de parâmetros ajustáveis, permitindo que o usuário aumente ou reduza a sensibilidade sem alterar diretamente o código.

O sexto módulo será o sistema de alertas e registros. Ao detectar um evento incomum, o programa deverá exibir uma mensagem visual, destacar a área da tela e gravar a data e o horário em um arquivo de registro. Caso a equipe decida armazenar capturas, essa função deve ser opcional e utilizada apenas em testes autorizados.

O uso do Antigravity será parte central do desenvolvimento. O estudante poderá solicitar explicações, pedir correções quando ocorrerem erros e dividir o projeto em tarefas menores. Exemplos de comandos úteis para a plataforma incluem: “crie uma interface simples para mostrar a webcam”, “adicione um botão para iniciar o aprendizado”, “registre data e hora quando houver alerta” e “explique por que esse erro apareceu”. Essa interação torna o processo mais acessível, mas exige atenção para testar cada mudança.

Durante o desenvolvimento, será importante manter um diário de projeto. Nele, o estudante poderá registrar o que foi solicitado ao Antigravity, quais erros ocorreram, quais soluções funcionaram e quais ajustes foram feitos. Esse diário fortalece o caráter científico do trabalho, pois demonstra método, tentativa, correção e avaliação.

5 Resultados Esperados

Espera-se que o sistema consiga abrir a webcam, exibir o vídeo em tempo real e apresentar uma interface simples para o usuário. Também se espera que o programa realize uma fase de aprendizagem, durante a qual observa o padrão normal de movimentação do ambiente, e uma fase de monitoramento, na qual compara novas movimentações com o padrão aprendido.

O principal resultado esperado é a emissão de alertas visuais quando ocorrer uma movimentação significativamente diferente da rotina observada. Esses alertas deverão ser interpretados como indicações de verificação humana, e não como conclusões automáticas sobre perigo ou comportamento inadequado. O sistema deverá registrar data e horário de cada evento para permitir análise posterior.

Outro resultado esperado é demonstrar que uma pessoa sem conhecimento prévio de programação pode desenvolver um protótipo funcional com auxílio de uma plataforma de inteligência artificial. O projeto, portanto, não avalia apenas a tecnologia de monitoramento, mas também a viabilidade do desenvolvimento assistido por IA em contexto educacional.

Espera-se ainda que os testes revelem a necessidade de ajustes de sensibilidade. Em ambientes com muita movimentação, o sistema poderá gerar alertas frequentes. Em ambientes com pouca movimentação, pequenas mudanças podem ser percebidas como anormais. Esses resultados serão importantes para compreender o funcionamento da detecção de anomalias e suas limitações.

Como produto final, espera-se obter um protótipo demonstrável para feira científica ou trabalho técnico, acompanhado de registros de testes, explicação do funcionamento e discussão ética. Mesmo que o sistema não alcance precisão profissional, ele deverá demonstrar corretamente os conceitos de visão computacional, aprendizagem de padrão normal e alerta por anomalia.

6 Discussão

O desenvolvimento de um sistema inteligente por uma pessoa sem experiência em programação apresenta desafios importantes. O primeiro desafio é compreender que o Antigravity auxilia na criação do software, mas

não elimina a necessidade de raciocínio, organização e testes. A plataforma pode gerar código, sugerir soluções e explicar erros, porém o usuário precisa verificar se o resultado corresponde ao objetivo do projeto.

Um risco comum é solicitar ao Antigravity uma solução muito ampla de uma só vez. Isso pode gerar um programa difícil de entender ou com erros difíceis de corrigir. Por isso, a metodologia recomenda dividir o projeto em pequenas etapas. Essa divisão ajuda o estudante a acompanhar o funcionamento do sistema e aumenta a chance de sucesso.

Também é necessário considerar falsos positivos. O sistema pode emitir alerta quando não há uma ocorrência relevante, por exemplo devido a sombras, reflexos, mudança de luz, movimentação de objetos ou entrada normal de pessoas. Esses erros são esperados em sistemas de detecção de anomalias, principalmente em versões educacionais e protótipos simples.

Além disso, podem ocorrer falsos negativos, quando uma movimentação incomum não é detectada. Isso pode acontecer se o movimento for pequeno, se a câmera estiver mal posicionada, se a qualidade da imagem for baixa ou se o limite de sensibilidade estiver configurado de forma inadequada. Portanto, o sistema não deve ser usado como ferramenta única de segurança.

A diferença entre detectar anomalia e identificar agressão deve ser reforçada. Uma agressão envolve contexto, intenção, vítimas, circunstâncias e interpretação humana. O sistema proposto não possui capacidade para compreender esses elementos. Ele apenas identifica que determinado padrão visual parece diferente do normal. Assim, qualquer alerta deve ser tratado como indicação preliminar, nunca como prova ou acusação.

As limitações tecnológicas também são relevantes. Computadores simples podem ter dificuldade para executar modelos avançados de inteligência artificial em tempo real. Webcams de baixa qualidade podem gerar imagens com ruído. Ambientes com iluminação variável podem prejudicar a análise. Por isso, uma versão inicial baseada em detecção de movimento pode ser mais viável do que uma solução complexa baseada em modelos profundos.

Do ponto de vista ético, o uso de câmeras exige cuidado. Mesmo em um projeto escolar, é necessário informar os participantes, evitar gravações desnecessárias e proteger qualquer arquivo gerado. A finalidade deve ser educacional e técnica, não vigilância abusiva. Quando possível, recomenda-se testar o sistema em ambientes simulados ou com voluntários cientes do experimento.

A supervisão humana é indispensável. O operador deve avaliar cada alerta e decidir se ele tem relevância. Essa postura reduz o risco de interpretações injustas e demonstra uma compreensão responsável das limitações da inteligência artificial. O sistema deve ser entendido como uma ferramenta de apoio, não como substituto da análise humana.

7 Conclusão

Este artigo apresentou uma proposta de sistema inteligente de detecção de anomalias em ambientes utilizando webcam, visão computacional, inteligência artificial e desenvolvimento assistido pela plataforma Antigravity. A proposta foi elaborada considerando que o desenvolvedor não possui experiência em programação, o que torna o projeto especialmente adequado para contextos de ensino médio técnico, feiras científicas e iniciação científica.

O projeto demonstra que é possível construir um protótipo tecnológico relevante por meio de uma metodologia incremental, na qual o estudante solicita auxílio ao Antigravity, testa cada etapa e registra o processo de desenvolvimento. O sistema proposto deve capturar vídeo em tempo real, aprender padrões normais de movimentação, identificar desvios significativos, emitir alertas visuais e registrar ocorrências.

Os benefícios do projeto incluem o aprendizado prático de visão computacional, inteligência artificial, ética digital, testes de software e desenvolvimento assistido por IA. Além disso, a aplicação pode ser adaptada para ambientes escolares, corporativos e educacionais, desde que utilizada com finalidade clara e supervisão humana.

Entretanto, o sistema possui limitações importantes. Ele não detecta agressões, crimes, emoções ou intenções humanas, nem classifica pessoas como perigosas. Também está sujeito a falsos positivos, falsos negativos,

interferências de iluminação e limitações da webcam ou do computador. Por isso, seus alertas devem ser interpretados apenas como indicações de movimentação incomum.

Como melhorias futuras, recomenda-se aprimorar a interface, permitir ajuste mais simples de sensibilidade, criar relatórios automáticos, comparar diferentes métodos de detecção de movimento, testar modelos prontos de detecção de pessoas e reduzir ao mínimo o armazenamento de imagens. Também seria interessante avaliar a experiência de estudantes sem programação ao utilizar o Antigravity, registrando dificuldades e estratégias de aprendizagem.

Conclui-se que o projeto é viável e relevante, especialmente por unir aplicação tecnológica, aprendizagem prática e reflexão ética. A inteligência artificial pode apoiar tanto o funcionamento do sistema quanto o processo de desenvolvimento, mas deve ser usada com responsabilidade, transparência e acompanhamento humano.

8 Referências bibliográficas sugeridas

BRADSKI, G.; KAEHLER, A.Learning OpenCV: Computer Vision with the OpenCV Library. Sebastopol: O'Reilly Media, 2008.

CHANDOLA, V.; BANERJEE, A.; KUMAR, V. Anomaly detection: a survey. ACM Computing Surveys, v. 41, n. 3, p. 1–58, 2009.

GOODFELLOW, I.; BENGIO, Y.; COURVILLE, A.Deep Learning. Cambridge: MIT Press, 2016.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E.Digital Image Processing. 4. ed. New York: Pearson, 2018.

RUSSELL, S.; NORVIG, P.Artificial Intelligence: A Modern Approach. 4. ed. Hoboken: Pearson, 2021.

UNIÃO EUROPEIA.Ethics Guidelines for Trustworthy AI. Bruxelas: High-Level Expert Group on Artificial Intelligence, 2019.

ZHAO, Y.; DENG, B.; SHEN, C.; LIU, Y.; LU, H.; HUA, X. Spatio-temporal autoencoder for video anomaly detection.Proceedings of the 25th ACM International Conference on Multimedia, p. 1933–1941, 2017.

LEITURAS COMPLEMENTARES INDICADAS PELA EDIÇÃO

Detecção de Anomalias em Ambientes

As indicações abaixo foram localizadas em fontes primárias e se relacionam ao tema do projeto. Não são atribuídas como bibliografia utilizada pelos estudantes. Outras indicações herdadas da curadoria, ainda não verificadas, constam apenas do quadro separado; a pertinência e a eventual incorporação ao argumento exigem validação dos autores. Não constituem certificação dos resultados do projeto.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. **Artificial Intelligence Risk Management Framework, AI RMF 1.0**. Gaithersburg, 2023. DOI: 10.6028/NIST.AI.100-1.

S05

ARTIGO / PROJETO

SEGURANÇA E PERCEPÇÃO URBANA

Sentinela Urbana IA: Câmera Inteligente para Segurança Pública em uma Smart City

Bernardo Rebello Camillo, Felipe Menezes Gonçalves e Guilherme Herrera Gallon

DESTAQUE EDITORIAL

Uma central de monitoramento reconhece eventos simulados como contrafluxo, aglomeração e objeto abandonado e comunica níveis de risco ao operador.

DESCRITORES

segurança pública; câmera inteligente; eventos; análise de risco; interação

Identificação nesta versão: Bernardo Rebello Camillo, Felipe Menezes Gonçalves e Guilherme Herrera Gallon. *Sentinela Urbana IA: Câmera Inteligente para Segurança Pública em uma Smart City*. In: *Conexões Colégio FECAP: Smart City*. Versão para avaliação institucional, 2026, p. 165–170.

Síntese de leitura elaborada pela edição a partir do documento disponível. Funcionalidades descritas não são, por si, evidência de implementação ou desempenho validado. A autoria segue a relação fornecida; conferências e divergências constam do controle separado.

TRABALHO DISCENTE

Sentinela Urbana IA: Câmera Inteligente para Segurança Pública em uma Smart City

Bernardo Rebello Camillo, Felipe Menezes Gonçalves e Guilherme Herrera Gallon

Curso técnico de Inteligência Artificial, Colégio FECAP, São Paulo, Brasil

Nota editorial sobre a natureza do trabalho. Projeto escolar com interfaces e cenários ilustrativos. Números e alertas nos desenhos não são indicadores de operação real. As afirmações científicas permanecem sob responsabilidade dos autores; validações e pendências específicas constam do controle separado.



Elemento gráfico da fonte. Representação ilustrativa da central de monitoramento.
Fonte: documento original do projeto, p. 1. Recorte do elemento científico, sem alteração dos dados.

Documento de origem: projeto escolar de cidade inteligente, datado de 2 de junho de 2026.

1. Ideia do projeto

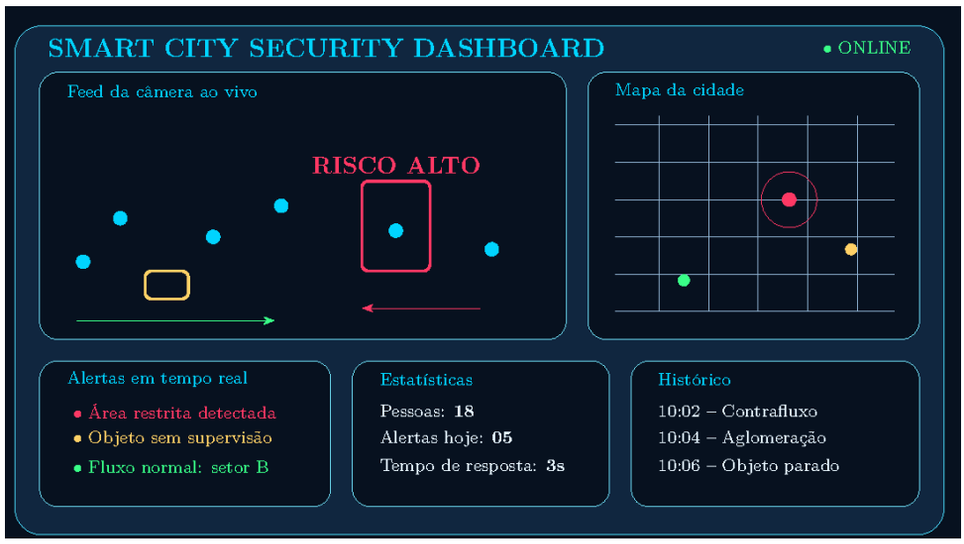
Problema. Cidades possuem praças, escolas, terminais e ruas movimentadas onde situações de risco podem surgir rapidamente. Equipes de segurança nem sempre conseguem observar todas as câmeras ao mesmo tempo.

Solução proposta. A Sentinela Urbana IA é uma câmera inteligente conectada a uma central de segurança. A proposta é identificar eventos simulados em tempo real, destacar pessoas ou objetos na tela, calcular o nível de risco e registrar as ocorrências em um painel.

2. Diferencial: demonstração interativa

Durante a apresentação prevista, a plateia participará como se estivesse em uma área urbana monitorada. Alguns voluntários receberão missões rápidas e provocarão alertas para que todos observem a reação demonstrada.

- Área restrita: uma pessoa entra em uma zona proibida marcada no chão.
- Objeto abandonado: um espectador deixa uma mochila, estojo ou garrafa parado.
- Aglomeração: três ou mais pessoas se aproximam rapidamente no mesmo ponto.
- Corrida: um voluntário atravessa o espaço correndo.
- Contrafluxo: uma pessoa caminha contra as setas indicadas no piso.



Elemento gráfico da fonte. Interface ilustrativa de análise de risco.
Fonte: documento original do projeto, p. 2. Recorte do elemento científico, sem alteração dos dados.

3. Como a IA Reage

Tabela 1: Respostas visuais previstas para eventos simulados

Evento	Resposta visual da IA	Risco
Área restrita	Caixa vermelha na pessoa e alerta sonoro/visual	Alto
Objeto abandonado	Caixa amarela no objeto e cronômetro de supervisão	Médio/Alto
Aglomeração	Círculo vermelho no grupo e contador de pessoas	Alto
Corrida	Rastro animado e aviso de velocidade incomum	Médio
Contrafluxo	Seta vermelha no sentido errado e mensagem de rota	Médio/Alto

Fonte: documento original do projeto; dados e natureza das afirmações mantidos.

4. Interface da Central de Segurança

O protótipo visual reúne feed da câmera, mapa da cidade, alertas, estatísticas e histórico. A ilustração de origem contém valores demonstrativos: 18 pessoas, 5 alertas, tempo de resposta de 3 segundos e eventos às 10h02 (contrafluxo), 10h04 (aglomeração) e 10h06 (objeto parado). Esses números não representam medições de operação real.

5. Roteiro da apresentação

1. Abertura: explicar que a prefeitura inteligente usa IA para apoiar a segurança, não para substituir pessoas.
2. Mostra da central: exibir o painel com câmera, mapa, alertas, estatísticas e histórico.
3. Convite à plateia: escolher voluntários e entregar cartões de ação: “restrito”, “objeto”, “correr”, “grupo” e “contrafluxo”.

4. Simulação: cada voluntário executa sua ação; o apresentador aciona ou demonstra o alerta correspondente na tela.

5. Conclusão: destacar benefícios, cuidados éticos e importância da supervisão humana.

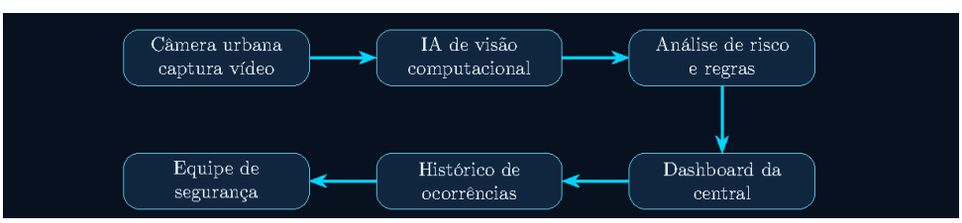
6. Materiais para a demonstração

- Notebook ou tablet com a interface aberta.
- Webcam ou celular simulando a câmera urbana.
- Fita no chão para marcar área restrita e fluxo.
- Mochila, estojo ou garrafa para o objeto abandonado.
- Cartões de evento para orientar os voluntários.
- Som curto de alerta para aumentar o realismo.

7. Benefícios e cuidados éticos

Benefícios pretendidos. Resposta mais rápida a riscos, organização de equipes, prevenção de acidentes, registro automático de ocorrências e melhor gestão de espaços públicos.

Cuidados. O sistema deve preservar a privacidade, evitar identificação indevida de pessoas, ser usado com autorização, ter transparência e sempre contar com validação humana antes de qualquer decisão importante.



Elemento gráfico da fonte. Fluxo conceitual da arquitetura da Sentinela Urbana IA.
Fonte: documento original do projeto, p. 4. Recorte do elemento científico, sem alteração dos dados.

8. Arquitetura do Sistema

A proposta da câmera inteligente é funcionar como um ecossistema integrado. A câmera não trabalha sozinha: ela coleta imagens, envia dados para um módulo de IA, classifica eventos, calcula risco e apresenta as informações em uma central de monitoramento.

9. Regras de Detecção da IA

Para a apresentação escolar, a IA pode ser explicada como um conjunto de regras inteligentes. A demonstração deve identificar explicitamente seu caráter simulado, apresentando uma resposta visual clara para cada ação da plateia.

Tabela 2: Regras de detecção para a demonstração

Detecção	Regra simplificada	Exemplo
Pessoa	Identificar silhuetas ou pontos de movimento	Voluntários aparecem no feed
Objeto parado	Objeto permanece no mesmo local por alguns segundos	Mochila deixada no chão
Zona restrita	Pessoa entra dentro de uma área marcada	Fita vermelha no piso

Detecção	Regra simplificada	Exemplo
Velocidade	Movimento muito rápido no vídeo	Aluno correndo
Fluxo	Direção diferente da seta permitida	Caminhar no sentido oposto
Grupo	Muitas pessoas próximas no mesmo ponto	Aglomeração simulada

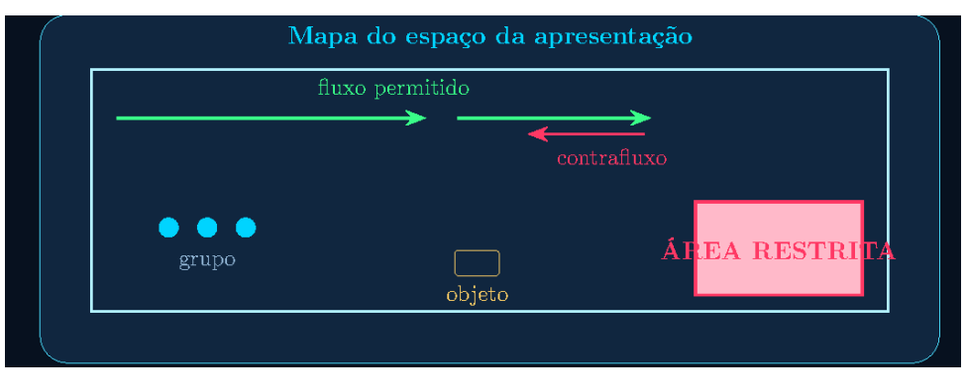
Fonte: documento original do projeto; dados e natureza das afirmações mantidos.

10. Níveis de Risco

O sistema utiliza três níveis de risco para facilitar a leitura da situação pela central. Isso evita que todos os alertas pareçam igualmente graves.

Fluxo de funcionamento. Primeiro, a imagem é capturada. Depois, a IA identifica pessoas, objetos e direção do movimento. Em seguida, regras simples comparam o comportamento observado com o comportamento esperado. Por fim, o painel mostra alertas, risco e histórico para a equipe decidir o que fazer.

- Baixo: situação normal ou apenas observação, como fluxo organizado e pessoas caminhando dentro da área permitida.
- Médio: atenção necessária, como pessoa correndo, objeto parado por pouco tempo ou pequeno desvio de fluxo.
- Alto: ação imediata recomendada, como entrada em área restrita, aglomeração repentina ou objeto abandonado por tempo prolongado.



Elemento gráfico da fonte. Exemplo visual de detecção em área restrita.
Fonte: documento original do projeto, p. 6. Recorte do elemento científico, sem alteração dos dados.

11. Plano da Demonstração Prática

A demonstração deve ser organizada como uma pequena cena de cidade inteligente. O ideal é delimitar um espaço da sala como se fosse uma praça, estação ou corredor monitorado.

1. Preparar o cenário: marcar uma área restrita com fita, desenhar setas de fluxo no chão e posicionar uma mochila ou garrafa.
2. Escolher voluntários: selecionar de três a seis pessoas da plateia para provocar os eventos.
3. Distribuir papéis: cada voluntário recebe uma ação secreta, como correr, formar grupo ou caminhar no sentido contrário.
4. Executar em rodadas: cada rodada ativa um alerta diferente no painel.
5. Explicar a reação: após cada alerta, o apresentador descreve o que a IA detectou e por que o risco mudou.

12. Falas Sugeridas para o Apresentador

Abertura:“Hoje vamos apresentar uma solução de Smart City para segurança pública. A ideia é mostrar como uma prefeitura poderia usar uma câmera com Inteligência Artificial para perceber riscos em tempo real.” Antes da interação:“Agora a plateia vai ajudar a testar o sistema. Algumas pessoas vão simular comportamentos urbanos, e a central deve reagir como se fosse uma operação real.” Durante um alerta: “A IA destacou a pessoa ou objeto, classificou o risco e registrou a ocorrência. Isso ajuda a equipe de segurança a tomar uma decisão mais rápida.” Fechamento:“O objetivo não é vigiar por vigiar, mas usar tecnologia de forma responsável para proteger espaços públicos e melhorar o tempo de resposta.”



Elemento gráfico da fonte. Exemplos ilustrativos de classificação de risco.
Fonte: documento original do projeto, p. 7. Recorte do elemento científico, sem alteração dos dados.

13. Protótipo Visual dos Alertas

Cada alerta precisa ter uma linguagem visual simples: cor, mensagem e nível de risco. Assim, qualquer pessoa entende rapidamente o que está acontecendo.

14. Estatísticas Exibidas no Painel

As estatísticas ilustrativas ajudam a comunicar o funcionamento pretendido, sem representar dados de uma operação real. Elas também ajudam a explicar que a central não mostra apenas imagens, mas transforma dados em informação útil.

- Número de pessoas no ambiente:indica se o local está vazio, normal ou muito cheio.
- Alertas por tipo:mostra quantas ocorrências foram de objeto, corrida, contrafluxo ou área restrita.
- Tempo médio de resposta:simula quanto tempo a equipe levaria para agir.
- Locais com maior risco:destaca no mapa os pontos com mais ocorrências.
- Status das câmeras:informa se cada câmera está online, em manutenção ou sem sinal.

15. Possíveis Tecnologias Utilizadas

Este projeto pode ser apresentado como um protótipo conceitual. Em uma versão real, poderiam ser usadas tecnologias como:

- Câmeras IP instaladas em pontos estratégicos.
- Modelos de visão computacional para detectar pessoas e objetos.
- Algoritmos de rastreamento para acompanhar movimento.
- Regras de segurança configuradas pela prefeitura.
- Servidor para processar dados e registrar ocorrências.
- Painel web para operadores acompanharem a cidade.

Importante. Na apresentação escolar, não é necessário criar uma IA real completa. O foco é demonstrar a ideia, a experiência interativa e como o sistema ajudaria uma cidade inteligente.

16. Impacto Social

A Sentinela Urbana IA pode contribuir para uma cidade mais organizada e segura quando usada com responsabilidade. Ela ajuda a perceber situações que poderiam passar despercebidas e melhora a comunicação entre tecnologia e equipes humanas.

- Prevenção:situações de risco são percebidas antes de se tornarem problemas maiores.
- Agilidade:a equipe recebe alertas claros e não precisa observar dezenas de telas ao mesmo tempo.
- Planejamento urbano:dados de movimentação ajudam a melhorar iluminação, sinalização e organização de espaços públicos.
- Educação tecnológica:o projeto mostra como IA, cidadania e ética podem caminhar juntas.

17. Limitações do Projeto

Mesmo parecendo avançado, o sistema possui limitações que devem ser reconhecidas na apresentação.

- A IA pode errar se a imagem estiver escura, tremida ou com muitas pessoas sobrepostas.
- Um objeto parado nem sempre é perigoso; por isso o alerta precisa de confirmação humana.
- O sistema deve evitar qualquer uso discriminatório ou invasivo.
- A tecnologia depende de infraestrutura, internet, energia e manutenção.
- A privacidade dos cidadãos deve ser protegida por regras claras.

18. Critérios de Sucesso da Apresentação

A apresentação será bem-sucedida se a plateia conseguir entender o problema, participar da simulação e perceber a reação do sistema em tempo real.

Tabela 3: Critérios de sucesso da apresentação

Critério	Como demonstrar
Interatividade	Plateia provoca alertas ao vivo
Visual profissional	Dashboard com cores, mapa e caixas de detecção
Clareza	Explicação simples de cada evento detectado
Realismo	Histórico, estatísticas e níveis de risco
Responsabilidade	Discussão sobre privacidade e supervisão humana

Fonte: documento original do projeto; dados e natureza das afirmações mantidos.

19. Conclusão Geral

A Sentinela Urbana IA apresenta uma visão moderna de segurança pública para cidades inteligentes. O projeto combina câmera, Inteligência Artificial, painel de monitoramento, mapa urbano e participação da plateia. O grande diferencial é transformar a apresentação em uma experiência prática: prevê-se que os espectadores não apenas assistam, mas participem da simulação. Com essa proposta, a turma pretende demonstrar criatividade, domínio de tecnologia, preocupação social e capacidade de comunicar uma ideia inovadora de forma visual e envolvente.

Frase de Encerramento

“Uma Smart City segura não é apenas uma cidade com câmeras; é uma cidade que usa tecnologia com responsabilidade para proteger pessoas.”

LEITURAS COMPLEMENTARES INDICADAS PELA EDIÇÃO

Sentinela Urbana IA

As indicações abaixo foram localizadas em fontes primárias e se relacionam ao tema do projeto. Não são atribuídas como bibliografia utilizada pelos estudantes. Outras indicações herdadas da curadoria, ainda não verificadas, constam apenas do quadro separado; a pertinência e a eventual incorporação ao argumento exigem validação dos autores. Não constituem certificação dos resultados do projeto.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. **Artificial Intelligence Risk Management Framework, AI RMF 1.0**. Gaithersburg, 2023. DOI: 10.6028/NIST.AI.100-1.

S06

ARTIGO / PROJETO

SEGURANÇA E PERCEPÇÃO URBANA

Sentinel IA: Plataforma de Inteligência Preditiva Urbana Baseada em Deep Learning, Big Data e Análise Espaçotemporal

Eduardo Pinheiro Dantas e Guilherme Botelho Silva

DESTAQUE EDITORIAL

Dados de sensores, câmeras, trânsito, clima, GPS e fontes públicas são combinados para reconhecer padrões urbanos e antecipar situações críticas.

DESCRITORES

deep learning; big data; IoT; análise geoespacial; previsão urbana

Identificação nesta versão: Eduardo Pinheiro Dantas e Guilherme Botelho Silva. *Sentinel IA: Plataforma de Inteligência Preditiva Urbana Baseada em Deep Learning, Big Data e Análise Espaçotemporal*. In: *Conexões Colégio FECAP: Smart City*. Versão para avaliação institucional, 2026, p. 173–175.

Síntese de leitura elaborada pela edição a partir do documento disponível. Funcionalidades descritas não são, por si, evidência de implementação ou desempenho validado. A autoria segue a relação fornecida; conferências e divergências constam do controle separado.

TRABALHO DISCENTE

Sentinel IA: Plataforma de Inteligência Preditiva Urbana Baseada em Deep Learning, Big Data e Análise Espaçotemporal

Eduardo Pinheiro Dantas e Guilherme Botelho Silva

Curso técnico de Inteligência Artificial, Colégio FECAP, São Paulo, Brasil

Nota editorial sobre a natureza do trabalho. Arquitetura e funcionalidades descritas pelos autores. Alegações de implementação e desempenho não vieram acompanhadas de testes reproduzíveis para esta revisão. As afirmações científicas permanecem sob responsabilidade dos autores; validações e pendências específicas constam do controle separado.

RESUMO

A Sentinel IA é uma plataforma de inteligência artificial preditiva desenvolvida para monitoramento urbano inteligente em tempo real. O sistema utiliza Deep Learning, Big Data, análise multimodal e processamento geoespacial para transformar grandes volumes de dados urbanos em inteligência estratégica. A plataforma integra informações provenientes de sensores IoT, câmeras urbanas, trânsito, APIs climáticas, GPS, redes sociais e bancos públicos, permitindo identificar padrões urbanos complexos e prever situações críticas antes que aconteçam.

1 INTRODUÇÃO

As cidades modernas geram bilhões de dados diariamente através de sensores, câmeras, aplicativos, dispositivos móveis e sistemas digitais. Entretanto, grande parte dessas informações permanece subutilizada, dificultando a prevenção de problemas urbanos. A Sentinel IA foi desenvolvida com o objetivo de transformar esses dados em previsões inteligentes capazes de antecipar congestionamentos, acidentes, aumento de criminalidade e situações críticas urbanas.

2 OBJETIVOS

O principal objetivo da Sentinel IA é desenvolver uma plataforma de inteligência artificial aplicada ao monitoramento urbano preditivo. Objetivos específicos: Integrar múltiplas fontes de dados urbanos; Gerar mapas de calor inteligentes; Detectar anomalias urbanas; Aplicar Deep Learning para previsão temporal; Criar dashboards inteligentes; Melhorar a tomada de decisão estratégica.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Inteligência Artificial representa uma das áreas mais importantes da computação moderna. Sua aplicação em Smart Cities possibilita automatizar análises, detectar padrões e prever eventos urbanos. O Deep Learning utiliza redes neurais profundas capazes de identificar padrões complexos em grandes volumes de dados. Na Sentinel IA são utilizados modelos CNN para visão computacional, LSTM para séries temporais e Transformers para interpretação textual.

4 ARQUITETURA DA PLATAFORMA

A arquitetura da Sentinel IA foi desenvolvida utilizando microsserviços distribuídos. A plataforma é dividida em: Camada de coleta de dados; Camada de processamento; Camada de inteligência artificial; Camada geoespacial; Dashboard analítico; Sistema de alertas inteligentes.

5 COLETA E PROCESSAMENTO DE DADOS

A Sentinel IA recebe dados provenientes de sensores IoT, câmeras urbanas, sistemas de trânsito, APIs meteorológicas, redes sociais e GPS. Os dados passam por processos de limpeza, normalização, vetorização, organização temporal e georreferenciamento antes de serem enviados aos modelos de inteligência artificial.

6 MODELOS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

CNN (Convolutional Neural Networks): Responsáveis pela análise visual e reconhecimento de objetos. LSTM (Long Short-Term Memory): Responsáveis pela previsão temporal e análise de séries históricas. Transformers: Utilizados para interpretação textual e análise semântica. Autoencoders: Aplicados na detecção de anomalias urbanas.

7 ANÁLISE GEOESPACIAL

A análise geoespacial permite identificar padrões urbanos através de coordenadas geográficas e mapas inteligentes. Ferramentas como PostGIS, GeoPandas e Mapbox possibilitam gerar heatmaps em tempo real, identificando áreas críticas e padrões espaciais.

8 DASHBOARD INTELIGENTE

O dashboard da Sentinel IA apresenta mapas interativos, heatmaps, indicadores urbanos, alertas automáticos, histórico de eventos e monitoramento em tempo real.

9 TECNOLOGIAS UTILIZADAS

A infraestrutura tecnológica da Sentinel IA foi construída utilizando ferramentas modernas voltadas para sistemas escaláveis e inteligência artificial.

10 SEGURANÇA DA INFORMAÇÃO

A plataforma utiliza autenticação JWT, HTTPS, criptografia AES, controle de permissões, logs de auditoria e conformidade com a LGPD.

11 ESCALABILIDADE

A Sentinel IA foi projetada para operar em ambientes distribuídos utilizando Docker, Kubernetes e computação em nuvem.

12 APLICAÇÕES

A plataforma pode ser aplicada em segurança pública, trânsito inteligente, defesa civil, monitoramento climático, Smart Cities e análise epidemiológica.

13 RESULTADOS ESPERADOS

Com a implementação da Sentinel IA espera-se reduzir o tempo de resposta em situações críticas, melhorar o monitoramento urbano e otimizar decisões estratégicas.

14 CONCLUSÃO

A Sentinel IA representa uma solução inovadora baseada em inteligência artificial aplicada ao monitoramento urbano inteligente. A integração entre Deep Learning, Big Data, análise multimodal e geoprocessamento demonstra o potencial da tecnologia para transformar cidades em ambientes mais inteligentes, eficientes e seguros.

15 TABELA DE TECNOLOGIAS

Tabela 1: Tecnologias previstas

Categoria	Tecnologias
Backend	Python, FastAPI, Node.js
Frontend	React, Next.js, TailwindCSS
IA	TensorFlow, PyTorch
Banco de dados	PostgreSQL, MongoDB, Redis
Streaming	Kafka, RabbitMQ
Infraestrutura	Docker, Kubernetes, NGINX

Fonte: documento original do projeto; dados e natureza das afirmações mantidos.

REFERÊNCIAS

GOODFELLOW, Ian; BENGIO, Yoshua; COURVILLE, Aaron. Deep Learning. MIT Press, 2016.

RUSSELL, Stuart; NORVIG, Peter. Artificial Intelligence: A Modern Approach. Pearson, 2020.

CHOLLET, François. Deep Learning with Python. Manning Publications, 2021.

HAN, Jiawei. Data Mining: Concepts and Techniques. Morgan Kaufmann, 2011.

TensorFlow Documentation.

PyTorch Documentation.

PostgreSQL Documentation.

Apache Kafka Documentation.

LEITURAS COMPLEMENTARES INDICADAS PELA EDIÇÃO

Sentinel IA

As indicações abaixo foram localizadas em fontes primárias e se relacionam ao tema do projeto. Não são atribuídas como bibliografia utilizada pelos estudantes. Outras indicações herdadas da curadoria, ainda não verificadas, constam apenas do quadro separado; a pertinência e a eventual incorporação ao argumento exigem validação dos autores. Não constituem certificação dos resultados do projeto.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. **Artificial Intelligence Risk Management Framework, AI RMF 1.0**. Gaithersburg, 2023. DOI: 10.6028/NIST.AI.100-1.

UNITED NATIONS HUMAN SETTLEMENTS PROGRAMME. **World Cities Report 2022: Envisaging the Future of Cities**. Nairobi, 2022. Disponível em: https://unhabitat.org/wcr/. Acesso em: 18 ago. 2026.

S07

ARTIGO / PROJETO

SEGURANÇA E PERCEPÇÃO URBANA

Urban Scope: Smart Cities, Segurança Pública e Análise Temporal de Ocorrências Urbanas

Davi Maia Chieregate, Felipe Ferreira de Souza e Victor Takayama Teixeira

DESTAQUE EDITORIAL

Filtros, gráficos e mapas de calor organizam ocorrências por horário, região e tipo, destacando padrões temporais úteis a simulações preventivas.

DESCRITORES

ocorrências; análise temporal; mapa de calor; prevenção; ética

Identificação nesta versão: Davi Maia Chieregate, Felipe Ferreira de Souza e Victor Takayama Teixeira. *Urban Scope: Smart Cities, Segurança Pública e Análise Temporal de Ocorrências Urbanas*. In: *Conexões Colégio FECAP: Smart City*. Versão para avaliação institucional, 2026, p. 178–183.

Síntese de leitura elaborada pela edição a partir do documento disponível. Funcionalidades descritas não são, por si, evidência de implementação ou desempenho validado. A autoria segue a relação fornecida; conferências e divergências constam do controle separado.

TRABALHO DISCENTE

Urban Scope: Smart Cities, Segurança Pública e Análise Temporal de Ocorrências Urbanas

Davi Maia Chieregate, Felipe Ferreira de Souza e Victor Takayama Teixeira

Curso técnico de Inteligência Artificial, Colégio FECAP, São Paulo, Brasil

Nota editorial sobre a natureza do trabalho. Proposta educacional de análise temporal. A fonte mantém lacunas bibliográficas que exigem indicação e validação pelos autores. As afirmações científicas permanecem sob responsabilidade dos autores; validações e pendências específicas constam do controle separado.

2026

Resumo

O Urban Scope é um projeto desenvolvido para a FECART 2026 do Colégio FECAP, no tema Smart Cities, com foco em segurança pública e análise temporal de ocorrências urbanas. O estudo parte do problema de que registros de ocorrências, quando analisados de forma isolada, nem sempre geram informações úteis para prevenção. O objetivo é desenvolver uma solução interativa capaz de organizar dados por horário, dia da semana, região e tipo de ocorrência, permitindo identificar padrões temporais de risco e apoiar simulações de decisão preventiva. A metodologia envolve definição do tema, delimitação do problema, uso crítico de ferramentas de inteligência artificial no planejamento, estruturação de dados, desenvolvimento de interface, testes com usuários e preparação da apresentação. A solução proposta funciona como um painel educacional de Smart City, com filtros, gráficos, mapa de calor, alertas e recomendações preventivas. Espera-se que o projeto demonstre como dados urbanos podem ser transformados em informação acessível, sem prometer previsão absoluta de crimes, e contribua para a formação técnica, científica e ética dos estudantes.

1 Introdução

Smart Cities são cidades que utilizam dados, tecnologia e gestão integrada para melhorar serviços urbanos. Nesse contexto, a segurança pública é uma área estratégica, pois depende de decisões rápidas, planejamento preventivo e leitura adequada dos riscos.

A gestão urbana ainda costuma atuar de forma reativa: muitas ações são tomadas apenas depois que uma ocorrência já aconteceu. O Urban Scope propõe outra perspectiva. A ideia central é mostrar que ocorrências urbanas não acontecem apenas no espaço, mas também no tempo. Horários, dias da semana, regiões e tipos de ocorrência podem revelar padrões úteis para prevenção.

O projeto foi concebido como uma solução tecnológica, educacional e interativa. Sua fraseconceito, “Veja a cidade através do tempo”, resume a proposta de observar a cidade como um sistema dinâmico. A frase de impacto, “Segurança pública inteligente começa antes da ocorrência”, reforça o foco em apoio à tomada de decisão, análise de risco e simulação preventiva.

2 Problema de pesquisa

A pergunta norteadora do projeto é:Como a análise temporal de ocorrências urbanas pode auxiliar na identificação de padrões de risco e apoiar decisões preventivas em segurança pública no contexto de Smart Cities?

O problema envolve transformar registros de ocorrências em informações organizadas, visuais e compreensíveis. Também envolve discutir limites éticos, pois dados de segurança pública não devem ser usados para rotular pessoas, grupos ou territórios.

3 Hipótese

A hipótese do Urban Scope é que a análise temporal de dados pode revelar recorrências em horários, dias e regiões específicas. Quando esses padrões são apresentados em uma interface interativa, tornam-se mais compreensíveis e podem apoiar decisões preventivas, como reforço de iluminação, orientação de rotas, comunicação preventiva ou reorganização de recursos urbanos.

4 Objetivo geral

Desenvolver uma solução interativa que analise padrões temporais de ocorrências urbanas e apoie simulações de tomada de decisão preventiva em segurança pública, no contexto de Smart Cities.

5 Objetivos específicos

- Compreender a relação entre tempo, espaço urbano e ocorrências de segurança pública.
- Organizar dados de ocorrências em uma base estruturada.
- Criar uma interface com filtros por horário, dia, região e tipo de ocorrência.
- Visualizar padrões por meio de mapa, gráficos, alertas e painéis de risco.
- Simular ações preventivas com base nos padrões identificados.
- Aproximar visitantes da lógica de uma Smart City orientada por dados.
- Discutir privacidade, transparência e responsabilidade no uso de dados urbanos.

6 Justificativa

O Urban Scope é relevante porque conecta tecnologia, dados e segurança pública preventiva. Em vez de tratar ocorrências apenas como fatos isolados, o projeto demonstra como a organização temporal dos dados pode apoiar leituras mais precisas da cidade.

A proposta também tem valor educacional. Ela integra análise de dados, pensamento computacional, design de interface, comunicação científica e reflexão ética. Para estudantes do Ensino Médio Técnico, o projeto permite aplicar conhecimentos tecnológicos em um problema urbano realista.

O Urban Scope não pretende prever crimes de forma absoluta. Seu objetivo é identificar padrões temporais de risco e apoiar simulações preventivas. Essa distinção evita promessas exageradas e mantém o projeto dentro de uma abordagem responsável.

7 Referencial teórico

7.1 Smart Cities

Smart Cities utilizam dados, infraestrutura tecnológica e gestão integrada para melhorar serviços públicos e qualidade de vida. O conceito envolve mobilidade, sustentabilidade, saúde, governança, educação e segurança pública [referência a confirmar pelos autores: Smart Cities].

7.2 Segurança pública preventiva

A segurança pública preventiva busca reduzir riscos antes que problemas se agravem. Pode envolver iluminação, orientação da população, reorganização de fluxos, presença institucional, monitoramento de indicadores e planejamento de recursos [referência a confirmar pelos autores: segurança pública preventiva].

7.3 Análise temporal de dados

A análise temporal investiga como eventos variam ao longo do tempo. Em segurança urbana, essa abordagem permite observar concentrações por hora, dia da semana, período do mês ou sazonalidade. Ela complementa a análise espacial, pois um mesmo local pode ter níveis de risco diferentes em momentos distintos [referência a confirmar pelos autores: análise temporal de dados].

7.4 Visualização de dados

A visualização transforma dados em gráficos, mapas, painéis e indicadores. Em projetos de Smart Cities, ela é essencial para tornar informações complexas acessíveis a gestores, estudantes e visitantes [referência a confirmar pelos autores: visualização de dados].

7.5 Inteligência artificial e ética

A inteligência artificial pode apoiar brainstorming, organização de ideias, classificação de informações e análise de cenários. Porém, suas sugestões precisam ser avaliadas criticamente. Em segurança pública, é necessário considerar privacidade, vieses, transparência e responsabilidade humana [referência a confirmar pelos autores: ética em IA].

8 Metodologia

A metodologia foi organizada como um processo aplicado de desenvolvimento tecnológico. O foco foi construir uma solução demonstrativa, clara para o público e coerente com o tema Smart Cities.

8.1 Etapa 1 — Definição do tema

A equipe partiu do tema geral Smart Cities e comparou possíveis áreas de aplicação, como mobilidade, sustentabilidade e segurança. O nicho escolhido foi segurança pública, por sua relevância social e relação direta com gestão urbana.

A microárea definida foi a análise temporal de ocorrências urbanas. Essa escolha permitiu concentrar o projeto em uma pergunta específica: de que forma horários, dias e regiões influenciam a leitura de riscos urbanos?

8.2 Etapa 2 — Delimitação do problema

O grupo delimitou o problema na dificuldade de transformar registros de ocorrências em informações úteis para prevenção. Dados brutos indicam que algo aconteceu, mas não explicam, sozinhos, padrões de concentração, horários críticos ou relações entre tipos de ocorrência.

A solução proposta foi um painel interativo capaz de organizar dados, aplicar filtros e apresentar padrões temporais de forma visual.

8.3 Etapa 3 — Uso de inteligência artificial como apoio

Ferramentas de inteligência artificial foram usadas para apoiar brainstorming, organização do problema, planejamento da interface e estruturação da experiência do visitante. A IA não foi tratada como autora do projeto.

As sugestões geradas foram analisadas pela equipe, que selecionou apenas ideias compatíveis com o objetivo, a viabilidade técnica e os cuidados éticos do Urban Scope.

8.4 Etapa 4 — Organização dos dados

A base de dados pode ser simulada, tratada ou construída a partir de fontes públicas adequadas. Para fins escolares, dados simulados ajudam a demonstrar a lógica analítica sem expor pessoas ou informações sensíveis.

A estrutura mínima da base inclui:

- ID da ocorrência;
- tipo de ocorrência;
- região;
- data;
- dia da semana;
- horário;
- nível de risco;
- recomendação preventiva.

Esses campos permitem comparar períodos, regiões e categorias, identificando picos de atenção e possíveis ações preventivas.

8.5 Etapa 5 — Desenvolvimento da interface

A interface foi planejada como um painel de Smart City. O visitante deve conseguir filtrar dados por horário, dia, região e tipo de ocorrência, observando alterações imediatas nos elementos visuais.

Os principais componentes previstos são:

- mapa de calor;
- gráfico de ocorrências por horário;
- filtros temporais e geográficos;
- painel de risco;
- cards de insights;
- alertas de pico;
- simulação de decisão preventiva.

A função da interface é tornar os dados compreensíveis e permitir que o usuário relacione padrões temporais com decisões de prevenção.

8.6 Etapa 6 — Testes e validação

Os testes devem verificar se filtros, gráficos e alertas respondem corretamente. Também devem avaliar se os textos são claros, se a navegação é simples e se o visitante entende a proposta sem explicações excessivas.

A validação pode ser feita com colegas, professores e usuários simulados. Os feedbacks devem orientar ajustes no layout, nas cores, nos textos, na sequência de telas e na clareza das recomendações.

8.7 Etapa 7 — Preparação para apresentação

A preparação final deve organizar problema, solução, metodologia, interface, resultados esperados e limites éticos. A apresentação deve transformar o processo técnico em uma experiência acessível, sem perder rigor científico.

9 Descrição da solução Urban Scope

O Urban Scope funciona como um painel educacional de análise temporal. O visitante acessa a tela inicial, escolhe um cenário urbano e aplica filtros por horário, dia da semana, região e tipo de ocorrência.

A partir desses filtros, o sistema apresenta mapa, gráficos, alertas de maior risco e cards de interpretação. O usuário observa padrões temporais, como concentração de ocorrências em determinado período ou aumento de registros em uma região específica.

Em seguida, o visitante escolhe uma ação preventiva simulada. O sistema mostra um impacto estimado, explicando como a decisão poderia contribuir para redução de risco, melhoria da percepção de segurança ou melhor distribuição de recursos.

A solução tem caráter educacional, demonstrativo e analítico. Ela não substitui profissionais, gestores públicos ou sistemas oficiais de segurança.

10 Resultados esperados

Espera-se que o Urban Scope amplie a compreensão sobre a relação entre tempo e segurança pública. O projeto deve demonstrar que padrões urbanos podem ser analisados de forma visual, interativa e responsável.

Também se espera maior engajamento dos visitantes, pois a interface permite interação direta com dados e cenários. Para a equipe, o projeto contribui para o desenvolvimento de competências em organização de dados, visualização, prototipagem, raciocínio lógico e comunicação científica.

11 Discussão

O principal ponto forte do Urban Scope é tornar a análise de dados urbanos mais acessível. A interface permite observar padrões sem exigir conhecimento técnico avançado, mantendo relação direta com Smart Cities e segurança pública preventiva.

A principal limitação é o caráter demonstrativo. Dados simulados simplificam a realidade, e dados reais podem conter subnotificação, inconsistências ou vieses. Além disso, ocorrências urbanas dependem de fatores sociais, territoriais e institucionais que não podem ser reduzidos a gráficos.

Por isso, o projeto deve ser entendido como simulação educacional e tecnológica, não como ferramenta oficial de policiamento. Sua contribuição está em demonstrar possibilidades, limites e cuidados do uso de dados na gestão urbana inteligente.

12 Considerações éticas

Tecnologias aplicadas à segurança pública exigem privacidade, transparência e responsabilidade. O Urban Scope deve trabalhar com dados agregados, evitando identificação de pessoas e exposição de informações sensíveis.

Também é necessário evitar vieses e estigmatização. Um bairro, grupo ou território não deve ser tratado como problema por causa de uma visualização de dados. Os resultados devem apoiar reflexão e planejamento, não discriminação.

A decisão humana permanece central. O sistema pode indicar padrões, mas a interpretação deve considerar contexto social, qualidade dos dados e limites da análise.

13 Conclusão

O Urban Scope responde ao problema inicial ao propor uma forma objetiva de analisar ocorrências urbanas pela dimensão temporal. O projeto mostra que horários, dias, regiões e tipos de ocorrência podem revelar padrões importantes para a segurança pública preventiva.

A solução combina dados organizados, visualização interativa e simulação de decisões. Com isso, aproxima o público da lógica de Smart Cities e demonstra como a tecnologia pode apoiar a gestão urbana inteligente sem substituir a responsabilidade humana.

Para a FECART 2026 do Colégio FECAP, o Urban Scope apresenta valor científico, educacional e social. O projeto transforma dados em informação compreensível e reforça uma ideia central: prevenção urbana depende de análise, ética e decisão responsável.

14 Etapas práticas para continuidade do projeto

- Definir a origem dos dados: simulados, públicos tratados ou combinação dos dois.
- Criar a base com ID, tipo, região, data, dia, horário, risco e recomendação.
- Desenvolver o protótipo visual com navegação simples e boa legibilidade.
- Implementar filtros por horário, dia da semana, região e tipo de ocorrência.
- Conectar gráficos, mapa de calor, alertas e cards à base de dados.
- Testar a experiência com colegas e professores.
- Ajustar textos, layout, cores e fluxo de interação a partir dos feedbacks.
- Revisar referências acadêmicas reais antes da versão final.

15 Referências

As referências finais devem ser inseridas em formato acadêmico, conforme orientação da instituição. Sugere-se pesquisar fontes sobre:

- Smart Cities e gestão urbana orientada por dados;
- segurança pública preventiva e análise de risco urbano;
- análise temporal de dados e séries temporais;
- visualização de dados, dashboards e mapas de calor;
- ética em inteligência artificial, privacidade e vieses;
- dados urbanos, dados abertos e governança de dados.

LEITURAS COMPLEMENTARES INDICADAS PELA EDIÇÃO

Urban Scope

As indicações abaixo foram localizadas em fontes primárias e se relacionam ao tema do projeto. Não são atribuídas como bibliografia utilizada pelos estudantes. Outras indicações herdadas da curadoria, ainda não verificadas, constam apenas do quadro separado; a pertinência e a eventual incorporação ao argumento exigem validação dos autores. Não constituem certificação dos resultados do projeto.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. **Artificial Intelligence Risk Management Framework, AI RMF 1.0**. Gaithersburg, 2023. DOI: 10.6028/NIST.AI.100-1.

S08

ARTIGO / PROJETO

SEGURANÇA E PERCEPÇÃO URBANA

Policiamento Preditivo: Criminologia Computacional, Ciência de Dados e Machine Learning Aplicados à Segurança Pública

Lucas Gomes Dias, Davi Hwan Ho Cho e Gabriel Araujo de Carvalho

DESTAQUE EDITORIAL

A pesquisa articula análise geoespacial, previsão de áreas de risco e auditoria de vieses, tratando desempenho técnico e justiça social como requisitos inseparáveis.

DESCRITORES

criminologia computacional; geodados; machine learning; vieses; auditoria

Identificação nesta versão: Lucas Gomes Dias, Davi Hwan Ho Cho e Gabriel Araujo de Carvalho. *Policiamento Preditivo: Criminologia Computacional, Ciência de Dados e Machine Learning Aplicados à Segurança Pública*. In: *Conexões Colégio FECAP: Smart City*. Versão para avaliação institucional, 2026, p. 186–190.

Síntese de leitura elaborada pela edição a partir do documento disponível. Funcionalidades descritas não são, por si, evidência de implementação ou desempenho validado. A autoria segue a relação fornecida; conferências e divergências constam do controle separado.

TRABALHO DISCENTE

Policiamento Preditivo: Criminologia Computacional, Ciência de Dados e Machine Learning Aplicados à Segurança Pública

Lucas Gomes Dias, Davi Hwan Ho Cho e Gabriel Araujo de Carvalho

Curso técnico de Inteligência Artificial, Colégio FECAP, São Paulo, Brasil

Nota editorial sobre a natureza do trabalho. Proposta de policiamento preditivo com avaliação planejada. Não representa autorização de emprego operacional nem demonstração de ausência de vieses. As afirmações científicas permanecem sob responsabilidade dos autores; validações e pendências específicas constam do controle separado.

Resumo

Este artigo apresenta o planejamento geral de um projeto científico sobre policiamento preditivo, com foco na aplicação de ciência de dados, análise geoespacial e algoritmos de aprendizado de máquina para apoiar estratégias preventivas de segurança pública. O trabalho parte do problema do policiamento tradicional reativo, discute fundamentos teóricos da criminologia ambiental, propõe uma arquitetura técnica para coleta e modelagem de dados, descreve formas de validação do modelo e apresenta uma proposta de interface visual para uso operacional. Também são discutidos riscos éticos, especialmente vieses algorítmicos e ciclos de retroalimentação, destacando a necessidade de auditoria, transparência e uso responsável da tecnologia. Palavras-chave: policiamento preditivo; ciência de dados; machine learning; segurança pública; ética algorítmica.

1 Introdução

A segurança pública é um dos principais desafios das cidades contemporâneas. Em muitos contextos urbanos, as forças policiais atuam de forma predominantemente reativa, respondendo a ocorrências depois que os crimes já aconteceram ou realizando patrulhamentos sem direcionamento estatístico. Esse modelo enfrenta limitações importantes, como escassez de efetivo, restrições orçamentárias, dificuldade de cobrir grandes áreas urbanas e dependência excessiva da experiência individual dos gestores.

O policiamento preditivo surge como uma alternativa tecnológica para apoiar a tomada de decisão. Ele utiliza dados históricos de criminalidade, informações socioespaciais e variáveis externas para estimar regiões e períodos com maior probabilidade de ocorrência criminal. O objetivo do projeto não é substituir a atuação humana, mas oferecer uma ferramenta de apoio baseada em evidências, capaz de orientar o planejamento preventivo e tornar o uso dos recursos públicos mais eficiente.

Este trabalho, desenvolvido em formato de artigo científico para feira de ciências, apresenta o planejamento de uma solução baseada em criminologia computacional, ciência de dados e engenharia de machine learning. Além da parte técnica, o estudo enfatiza a importância de avaliar os impactos sociais e éticos do uso de inteligência artificial em segurança pública.

2 Problema de Pesquisa

O modelo tradicional de policiamento apresenta um paradigma de reatividade: a polícia age, em grande parte, após a comunicação ou consumação do delito. Tal abordagem pode ser insuficiente em regiões com alta concentração de ocorrências e recursos limitados.

A problemática central deste projeto pode ser expressa pela seguinte pergunta de pesquisa:

Como técnicas de ciência de dados e aprendizado de máquina podem auxiliar a identificação de áreas e períodos de maior risco criminal, contribuindo para um planejamento preventivo de patrulhamento sem reforçar injustiças sociais ou vieses discriminatórios?

Essa pergunta considera dois aspectos inseparáveis: a eficiência técnica do modelo e a responsabilidade social de sua aplicação.

3 Justificativa

Crimes não ocorrem de maneira completamente aleatória. Diversos estudos da criminologia ambiental indicam que eventos criminais tendem a se concentrar em determinados espaços e horários. Também existe o chamado fenômeno de repetição próxima, no qual a ocorrência de um crime em uma região pode aumentar a probabilidade de novos delitos próximos no espaço e no tempo.

Dessa forma, ferramentas computacionais podem auxiliar na identificação de padrões não evidentes por observação humana direta. Para uma feira de ciências, o tema se justifica por integrar áreas atuais e interdisciplinares, como matemática, estatística, computação, geografia urbana, ética e políticas públicas. O projeto também permite discutir os limites da tecnologia, mostrando que um sistema de inteligência artificial deve ser avaliado não apenas por sua precisão, mas também por sua justiça, transparência e impacto social.

4 Objetivos

4.1 Objetivo Geral

Propor um modelo conceitual e técnico de policiamento preditivo baseado em dados geoespaciais e temporais, capaz de indicar áreas de maior risco criminal e apoiar o planejamento preventivo de segurança pública.

4.2 Objetivos Específicos

- Identificar limitações do policiamento reativo tradicional.
- Estudar fundamentos da criminologia ambiental aplicados à previsão criminal.
- Definir fontes de dados abertas que possam alimentar o sistema.
- Planejar um pipeline de inteligência artificial para limpeza, organização, modelagem e validação dos dados.
- Propor uma interface visual com mapa de calor e filtros operacionais.
- Discutir riscos éticos, vieses algorítmicos e formas de auditoria do modelo.

5 Fundamentação Teórica

O policiamento preditivo consiste na aplicação de métodos quantitativos, análise geoespacial e algoritmos de machine learning para identificar potenciais áreas de intervenção policial. Ele pode ser dividido em duas vertentes principais: a predição baseada em locais, voltada à identificação de zonas de risco, e a predição baseada em pessoas, relacionada à avaliação de risco individual. Este projeto prioriza a abordagem baseada em locais, por ser mais adequada a uma proposta escolar e por reduzir riscos associados à classificação direta de indivíduos.

A proposta se apoia especialmente em duas teorias da criminologia ambiental. A primeira é a Teoria das Atividades Rotineiras, segundo a qual o crime ocorre quando há convergência entre um infrator motivado, um

alvo adequado e a ausência de um guardião capaz. A segunda é a Teoria da Escolha Racional, que considera que infratores tendem a agir em áreas onde percebem menor risco, menor esforço e maior possibilidade de ganho.

Experiências internacionais, como sistemas inspirados no PredPol, no HunchLab e em iniciativas do Departamento de Polícia de Los Angeles, demonstram que modelos computacionais já foram testados para orientar patrulhamento. Entretanto, essas experiências também mostram a necessidade de cautela, pois sistemas preditivos podem reproduzir desigualdades presentes nos próprios dados históricos.

6 Metodologia e Planejamento Técnico

O projeto será desenvolvido como uma proposta de sistema computacional, composta por etapas de coleta, preparação, modelagem, validação e visualização dos dados. A Tabela 1 resume o planejamento geral.

Tabela 1: Planejamento geral do projeto de policiamento preditivo

Etapa	Descrição
Coleta de dados	Levantamento de bases abertas de criminalidade, dados censitários, malha urbana, clima, trânsito e transporte público.
Pré-processamento	Limpeza de registros incompletos, padronização de categorias criminais e conversão de endereços em coordenadas geográficas.
Discretização espacial	Divisão do mapa urbano em células ou hexágonos, permitindo comparar regiões de forma padronizada.
Engenharia de atributos	Criação de variáveis temporais, espaciais e socioambientais, como crimes nos últimos 7, 14 e 30 dias, crimes em áreas vizinhas e proximidade de pontos de interesse.
Modelagem	Treinamento de algoritmos de classificação ou regressão para estimar risco criminal por região e período.
Validação	Avaliação temporal do modelo, evitando vazamento de dados e utilizando métricas tradicionais e espaciais.
Interface visual	Desenvolvimento conceitual de um painel com mapa de calor, filtros por horário e tipo de crime, além de sugestões de rotas preventivas.

Fonte: documento original do projeto; dados e natureza das afirmações mantidos.

6.1 Fontes de Dados

As fontes de dados previstas incluem portais públicos de segurança, bases do IBGE, dados geográficos de malha viária, registros meteorológicos e informações de transporte público. Em uma aplicação real, esses dados devem ser anonimizados, documentados e avaliados quanto à qualidade, cobertura territorial e possíveis distorções históricas.

6.2 Pipeline de Inteligência Artificial

O pipeline de inteligência artificial será organizado em cinco fases principais. Primeiro, ocorre a ingestão dos dados, reunindo arquivos e bases em um ambiente de análise. Em seguida, realizase o pré-processamento, com correção de inconsistências, remoção de duplicidades e padronização das variáveis. A terceira fase é a discretização espacial, em que a cidade é dividida em regiões comparáveis, como quadrantes ou hexágonos. Depois, ocorre a engenharia de atributos, responsável por transformar dados brutos em variáveis úteis ao aprendizado de máquina. Por fim, o modelo é treinado e avaliado.

Entre os algoritmos possíveis estão regressão logística, Random Forest, XGBoost e modelos de regressão de Poisson. O problema pode ser formulado como classificação binária, estimando se haverá ou não crime em determinado espaço e intervalo de tempo, ou como regressão, estimando a quantidade esperada de ocorrências.

7 Validação do Modelo

A validação deve respeitar a ordem temporal dos dados. Em vez de dividir a base aleatoriamente, o modelo deve ser treinado com períodos anteriores e testado em períodos posteriores. Por exemplo, pode-se treinar o sistema com dados de janeiro a outubro e avaliá-lo com dados de novembro. Essa estratégia evita que informações futuras influenciem o treinamento, problema conhecido como vazamento de dados.

Além de métricas comuns de machine learning, como precisão, recall, F1-score e AUC-ROC, o projeto prevê o uso do Índice de Acurácia Preditiva, conhecido comoPredictive Accuracy Index (PAI):

$$PAI = \frac{n/N}{a/A}. \tag{1}$$

em quenrepresenta o número de crimes ocorridos nas áreas previstas pelo modelo,Nrepresenta o número total de crimes na cidade,aé a área total marcada como alto risco eAé a área total da cidade estudada. Um PAI maior que 1 indica desempenho superior ao patrulhamento aleatório.

8 Proposta de Interface Visual

Para que o sistema seja compreensível ao usuário final, a previsão deve ser apresentada em uma interface visual simples e objetiva. A proposta inclui um mapa de calor dinâmico, no qual regiões de maior risco aparecem em cores mais intensas. Também são previstos filtros por turno, tipo de crime e período de análise.

Em uma versão avançada, a interface poderia sugerir rotas de patrulhamento que cruzem áreas de maior risco, sem indicar abordagem a pessoas específicas. Essa decisão é importante para manter o foco na prevenção territorial e reduzir riscos de discriminação individual.

9 Aspectos Éticos

O uso de inteligência artificial na segurança pública exige cuidados rigorosos. Dados históricos de criminalidade não representam necessariamente todos os crimes ocorridos, mas sim os crimes registrados. Regiões mais policiadas podem gerar mais registros, criando ciclos de retroalimentação: o modelo direciona policiamento para uma área, a presença policial aumenta os registros, e esses novos registros fazem o algoritmo classificar novamente a mesma área como mais perigosa.

Para reduzir esse risco, o projeto propõe auditorias periódicas de equidade, transparência nos critérios de modelagem, avaliação por especialistas externos e proibição de uso do sistema como justificativa única para abordagens policiais. A tecnologia deve apoiar decisões humanas responsáveis, e não automatizar práticas discriminatórias.

10 Resultados Esperados

Espera-se que o projeto demonstre como dados geoespaciais e temporais podem revelar padrões relevantes para o planejamento preventivo. Como resultado de feira de ciências, pretende-se apresentar um protótipo conceitual composto por fluxograma do pipeline, tabela de fontes de dados, exemplo de mapa de calor e explicação das métricas de validação.

Também se espera mostrar que a qualidade de um sistema preditivo depende tanto da precisão técnica quanto da responsabilidade ética. Assim, o trabalho contribui para uma discussão científica atual sobre os usos, benefícios e limites da inteligência artificial em políticas públicas.

11 Cronograma

Tabela 2: Cronograma geral de execução do projeto

Período	Atividade prevista
Semana 1	Pesquisa bibliográfica sobre policiamento preditivo, criminologia ambiental e ética algorítmica.
Semana 2	Levantamento de bases públicas e definição das variáveis principais do projeto.
Semana 3	Planejamento do pipeline de dados e construção dos diagramas explicativos.
Semana 4	Definição dos modelos de machine learning e das métricas de validação.
Semana 5	Elaboração da proposta de interface visual com mapa de calor e filtros.
Semana 6	Revisão ética, organização dos resultados esperados e preparação da apresentação para a feira.

Fonte: documento original do projeto; dados e natureza das afirmações mantidos.

12 Conclusão

O policiamento preditivo representa uma aplicação relevante da ciência de dados e do machine learning à segurança pública, pois permite analisar padrões espaciais e temporais de criminalidade para apoiar ações preventivas. No entanto, seu uso deve ser planejado com responsabilidade, considerando limitações dos dados, riscos de viés e impactos sociais.

O projeto proposto apresenta uma visão profissional e científica do tema, organizada em problema, justificativa, objetivos, metodologia, validação, interface e ética. Para uma feira de ciências, a principal contribuição é demonstrar que a tecnologia pode auxiliar políticas públicas, desde que seja acompanhada de transparência, avaliação crítica e compromisso com os direitos fundamentais.

Referências

[1]COHEN, L. E.; FELSON, M. Social change and crime rate trends: a routine activity approach. American Sociological Review, v. 44, n. 4, p. 588–608, 1979.

[2]BRANTINGHAM, P. J.; BRANTINGHAM, P. L.Environmental Criminology. Beverly Hills: Sage Publications, 1981.

[3]CHAINEY, S.; TOMPSON, L.; UHLIG, S. The utility of hotspot mapping for predicting spatial patterns of crime.Security Journal, v. 21, p. 4–28, 2008.

[4]BAROCAS, S.; HARDT, M.; NARAYANAN, A.Fairness and Machine Learning. 2019.

[5]JAMES, G.; WITTEN, D.; HASTIE, T.; TIBSHIRANI, R.An Introduction to Statistical Learning. 2. ed. New York: Springer, 2021.

S09

ARTIGO / PROJETO

SEGURANÇA E PERCEPÇÃO URBANA

UrMind: Proposta de Sistema de Inteligência Artificial para Monitoramento e Classificação de Riscos em Infraestrutura Urbana

Felipe Barrence Sonsin, Gabriel Barrote Balieiro e Nicolas Kutinskas Fumes

DESTAQUE EDITORIAL

A proposta combina inspeção visual, classificação assistida e registro estruturado de ocorrências para apoiar a identificação de riscos em elementos da infraestrutura urbana.

DESCRITORES

infraestrutura urbana; inspeção visual; classificação de riscos; manutenção preditiva; visão computacional

Identificação nesta versão: Felipe Barrence Sonsin, Gabriel Barrote Balieiro e Nicolas Kutinskas Fumes. *UrMind: Proposta de Sistema de Inteligência Artificial para Monitoramento e Classificação de Riscos em Infraestrutura Urbana*. In: *Conexões Colégio FECAP: Smart City*. Versão para avaliação institucional, 2026, p. 192–198.

Síntese de leitura elaborada pela edição a partir do documento disponível. Funcionalidades descritas não são, por si, evidência de implementação ou desempenho validado. A autoria segue a relação fornecida; conferências e divergências constam do controle separado.

TRABALHO DISCENTE

UrMind: Proposta de Sistema de Inteligência Artificial para Monitoramento e Classificação de Riscos em Infraestrutura Urbana

Felipe Barrence Sonsin, Gabriel Barrote Balieiro e Nicolas Kutinskas Fumes

Curso técnico de Inteligência Artificial, Colégio FECAP, São Paulo, Brasil

Nota editorial sobre a natureza do trabalho. Proposta de inspeção e classificação de riscos de infraestrutura. Sensores, arquitetura e classes de risco não constituem certificação estrutural. As afirmações científicas permanecem sob responsabilidade dos autores; validações e pendências específicas constam do controle separado.

Resumo: O presente artigo apresenta a proposta do projeto UrMind, um sistema de inteligência artificial em desenvolvimento voltado para a identificação, análise e monitoramento de problemas em vias e espaços públicos que representem riscos à população. O sistema propõe a integração de um robô físico equipado com Raspberry Pi, câmera, GPS, acelerômetro, decibelímetro e sensores de obstáculos, com capacidade de capturar imagens e dados sensoriais durante a circulação supervisionada. Também será desenvolvido um aplicativo Android para o registro colaborativo de ocorrências pelos moradores. A arquitetura combina visão computacional, fusão de dados sensoriais, geolocalização e modelagem tridimensional para classificar problemas urbanos, estimar níveis de risco e sugerir prováveis responsáveis pela manutenção. O projeto encontra-se em fase de prototipagem, com testes controlados previstos para a cidade de São Paulo. São discutidos os fundamentos teóricos, a metodologia, a viabilidade técnica, a privacidade e as limitações do sistema.

Palavras-chave: Inteligência Artificial; Visão Computacional; Infraestrutura Urbana; Sistemas Embarcados; Fusão Sensorial; LGPD; Cidades Inteligentes.

1 INTRODUÇÃO

O processo acelerado de urbanização tem imposto desafios crescentes à gestão das cidades. A expansão das áreas urbanas resulta em forte pressão sobre a infraestrutura existente, manifestando-se em deterioração de pavimentos, calçadas danificadas, fiação elétrica irregular e árvores em condição de risco (BATTY et al., 2012). Tais problemas comprometem a mobilidade e podem representar riscos à segurança e à qualidade de vida da população.

A identificação e o monitoramento dessas ocorrências em uma metrópole como São Paulo constituem tarefas de alta complexidade logística. Os métodos tradicionais de fiscalização, fundamentados em vistorias manuais e canais convencionais de denúncia, podem apresentar limitações de abrangência e tempestividade. Nesse cenário, a aplicação de Inteligência Artificial (IA), Visão Computacional e sensores embarcados apresenta-se como alternativa para ampliar a capacidade de detecção e organização de informações sobre anomalias urbanas.

O projeto UrMind propõe uma solução que integra um robô de varredura, inicialmente operado com supervisão humana, e um aplicativo de participação cidadã. O robô utilizará câmera, GPS, acelerômetro e decibelímetro, permitindo combinar informações visuais, de localização, vibração e nível sonoro. Essa combinação será utilizada como fonte complementar de dados para auxiliar na identificação e na classificação da severidade de irregularidades.

Este artigo detalha o problema de pesquisa, a justificativa, os objetivos e a fundamentação teórica do projeto. Em seguida, apresenta a metodologia, a arquitetura técnica, o uso da fusão sensorial, as questões de privacidade e os resultados esperados.

2 PROBLEMA DE PESQUISA

A gestão da infraestrutura nas cidades enfrenta dificuldades relacionadas à localização e à priorização tempestiva de problemas em vias públicas. A ausência de uma rede contínua e automatizada de detecção pode dificultar a atuação preventiva e corretiva do poder público.

Nesse contexto, o problema de pesquisa que orienta este projeto é: como desenvolver e integrar um sistema computacional embarcado baseado em IA e múltiplos sensores, juntamente com um aplicativo colaborativo, capaz de identificar, georreferenciar e classificar automaticamente níveis de risco de problemas na infraestrutura urbana?

Entre os desafios estão a execução de modelos de detecção em hardware de baixo custo, a interpretação conjunta de imagens e dados de sensores, a redução de falsos positivos, a segurança operacional do robô e a proteção da privacidade.

3 JUSTIFICATIVA

A relevância do projeto sustenta-se sob perspectivas social, gerencial e tecnológica. Socialmente, a identificação ágil de vias danificadas ou de situações potencialmente perigosas pode contribuir para a prevenção de acidentes. O aplicativo Android amplia a participação cidadã, permitindo que moradores contribuam para a coleta de informações.

Sob a ótica da gestão pública, dados georreferenciados e indicadores de risco podem apoiar a priorização de intervenções. A combinação de imagens com informações de aceleração e nível sonoro poderá fornecer sinais adicionais sobre a severidade de irregularidades no pavimento.

Do ponto de vista tecnológico, o projeto explora a integração entre computação de borda, robótica, IA, visão computacional, sensoriamento e desenvolvimento mobile.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo geral

Propor e desenvolver o protótipo de um sistema integrado de IA para identificação, classificação, georreferenciamento e análise de risco de problemas estruturais urbanos, utilizando um robô de captura de imagens e dados sensoriais e um aplicativo móvel colaborativo.

4.2 Objetivos específicos

- Desenvolver um protótipo físico utilizando Raspberry Pi, câmera, GPS, acelerômetro, decibelímetro e sensores de obstáculos.
- Treinar e avaliar modelos de Visão Computacional capazes de detectar anomalias urbanas, como buracos, calçadas danificadas e árvores em condição potencialmente perigosa.
- Utilizar dados do acelerômetro para identificar variações de aceleração e vibrações associadas a irregularidades do pavimento, auxiliando na estimativa de sua severidade.
- Utilizar o decibelímetro como sensor complementar, registrando variações no nível de pressão sonora associadas à passagem do robô sobre determinadas irregularidades.
- Integrar dados de câmera, acelerômetro, decibelímetro e GPS por meio de uma abordagem de fusão sensorial.
- Criar uma metodologia algorítmica para classificação do nível de risco das ocorrências.

- Construir um aplicativo Android para a captura descentralizada de imagens pela população.
- Projetar uma base de dados e um mapa em 3D para consolidar as ocorrências geolocalizadas.
- Estruturar medidas de proteção da privacidade, incluindo anonimização de rostos e placas quando necessário.

5 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

5.1 Inteligência Artificial e Deep Learning

A subárea de Aprendizado Profundo utiliza Redes Neurais Convolucionais (CNNs), capazes de aprender hierarquias de características diretamente dos dados em pixels, sendo amplamente utilizada em tarefas de reconhecimento e detecção visual (LECUN; BENGIO; HINTON, 2015).

5.2 Visão Computacional e Detecção de Objetos

Modelos da família YOLO utilizam abordagens de detecção de objetos orientadas à inferência rápida. O trabalho de Redmon et al. (2016) apresentou o YOLO como uma abordagem de detecção em tempo real. No UrMind, modelos leves poderão ser avaliados de acordo com os requisitos de precisão e processamento do protótipo.

5.3 Sistemas Embarcados, Sensoriamento e Edge Computing

Sistemas embarcados combinam hardware e software dedicados a funções específicas. A utilização da Raspberry Pi insere-se no paradigma de Edge Computing, no qual parte do processamento ocorre próxima ao local de coleta dos dados, reduzindo latência e dependência de conectividade constante (SHI et al., 2016). O uso combinado de diferentes sensores permite complementar informações que uma única fonte de dados não consegue fornecer de forma confiável.

5.4 Privacidade e LGPD

A Lei nº 13.709/2018, conhecida como Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), estabelece regras para o tratamento de dados pessoais no Brasil (BRASIL, 2018). Como as câmeras poderão registrar incidentalmente pessoas e placas, o projeto deverá adotar medidas técnicas e organizacionais de proteção. Propõe-se a aplicação de anonimização antes do armazenamento definitivo, sem presumir que uma única técnica seja suficiente para todas as obrigações legais.

6 METODOLOGIA

A pesquisa adota abordagem aplicada, estruturada em etapas de desenvolvimento e avaliação.

Revisão e requisitos: levantamento de estudos sobre monitoramento urbano, visão computacional, sistemas embarcados, sensoriamento e proteção de dados.

Desenvolvimento do protótipo: montagem do chassi e integração da Raspberry Pi, câmera, GPS, acelerômetro, decibelímetro, motores e sensores de distância.

Treinamento e otimização da IA: utilização de Transfer Learning e modelos de detecção de objetos. Quando adequado, os modelos poderão ser otimizados para execução embarcada.

Fusão sensorial: sincronização temporal dos dados da câmera, acelerômetro, decibelímetro e GPS. Alterações de aceleração e nível sonoro serão correlacionadas com imagens e coordenadas para verificar se a combinação melhora a classificação da severidade das ocorrências.

Avaliação: utilização de precisão, recall, F1-score e matriz de confusão para os modelos de IA. Para os sensores, serão realizados testes controlados com irregularidades de características conhecidas, comparando as leituras com medições de referência.

Aplicativo: desenvolvimento Android para captura de ocorrências, geolocalização e envio seguro dos dados.

Integração e testes: execução de rotas controladas em São Paulo, comparando os resultados automáticos com registros de referência e avaliações humanas.

7 ARQUITETURA DO SISTEMA

FONTES DE CAPTURA

Robô: Raspberry Pi + câmera + GPS + acelerômetro + decibelímetro + sensores

Aplicativo Android: moradores

↓

PROCESSAMENTO E FUSÃO SENSORIAL

Imagem + vibração + nível sonoro + localização → IA → classificação → risco

↓

ARMAZENAMENTO

Banco georreferenciado → relatórios automatizados

↓

VISUALIZAÇÃO

Mapa 3D + painel de controle

Figura 1 – Arquitetura integrada de dados e sensores do sistema UrMind. Fonte: Elaborada pelos autores (2026).

8 DESENVOLVIMENTO E OPERAÇÃO DO ROBÔ

O protótipo utilizará a Raspberry Pi como unidade central de processamento e controle. O GPS registrará a localização, enquanto câmera, acelerômetro e decibelímetro fornecerão diferentes tipos de evidência sobre as condições observadas.

O acelerômetro será utilizado para registrar variações de aceleração e vibrações provocadas pelo deslocamento sobre buracos, desníveis, deformações e outras irregularidades. Picos de aceleração ou alterações no padrão de vibração poderão ser associados à ocorrência detectada pela câmera. Essa informação poderá contribuir para a estimativa da severidade do problema, mas não será utilizada isoladamente para determinar sua profundidade.

O decibelímetro registrará variações no nível de pressão sonora durante a passagem do robô. Alterações acústicas poderão complementar os dados visuais e de aceleração em determinadas situações. Entretanto, o nível sonoro não será tratado como medida direta da profundidade de um buraco. Sua utilidade será avaliada experimentalmente em conjunto com os demais sensores.

A combinação dessas informações constitui uma abordagem de fusão sensorial. O objetivo é relacionar imagem, vibração, som e posição geográfica para produzir uma estimativa mais robusta da severidade das irregularidades do que aquela obtida por uma única fonte.

Devido às limitações de processamento da Raspberry Pi, parte da inferência poderá ser realizada remotamente. Inicialmente, a locomoção será supervisionada para reduzir riscos de acidentes, atropelamentos, colisões, vandalismo e roubo.

9 FUNCIONAMENTO DO APLICATIVO ANDROID

O aplicativo permitirá que moradores fotografem problemas urbanos. O GPS do aparelho poderá fornecer as coordenadas do local e os dados serão encaminhados ao servidor para processamento.

Como mecanismo de redução de fraudes e melhoria da confiabilidade da geolocalização, o aplicativo poderá priorizar ou restringir fotografias capturadas diretamente pela câmera. Essa decisão deverá ser validada durante os testes.

A mesma infraestrutura de IA poderá validar a imagem, classificar a ocorrência e integrá-la ao mapa 3D.

10 IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS E RESPONSABILIDADES

A IA classificará os problemas identificados, mas não terá competência para determinar juridicamente o órgão responsável. O sistema poderá sugerir uma entidade potencialmente responsável com base em localização, infraestrutura e bases públicas. A confirmação deverá ocorrer por validação humana ou pelos procedimentos oficiais do órgão competente.

11 MAPA 3D E GEOLOCALIZAÇÃO

Os registros serão apresentados em interface tridimensional, contendo, quando aplicável, imagem, localização, tipo de problema, classificação de risco e histórico.

A visualização permitirá analisar a distribuição espacial das ocorrências e acompanhar sua evolução.

12 CLASSIFICAÇÃO E ANÁLISE DE RISCOS

Tabela 1: Matriz de classificação de risco de problemas urbanos

Nível	Descrição	Critérios e indicadores
Baixo	Impacto reduzido à população, sem risco imediato.	Irregularidades finas; rachaduras superficiais; pequenos desgastes.
Médio	Pode causar desconforto, danos leves ou pequenos acidentes.	Buracos rasos; desníveis moderados; obstruções parciais.
Alto	Potencial significativo de dano ou lesão.	Buracos profundos; árvores inclinadas; fiação em situação perigosa; postes com danos severos.
Crítico	Risco iminente de acidente grave.	Cratera em via de trânsito rápido; fiação caída; estrutura em colapso evidente.

Fonte: documento original do projeto; dados e natureza das afirmações mantidos.

Fonte: Elaborada pelos autores (2026). A classificação deverá ser validada experimentalmente. No caso de buracos, poderão ser considerados dimensão, profundidade estimada, localização, tipo de via e resposta do robô registrada pelo acelerômetro. Para outros problemas, serão definidos indicadores específicos.

13 SEGURANÇA, PRIVACIDADE E LGPD

O tráfego do robô poderá capturar incidentalmente rostos e placas. Propõe-se a aplicação de desfoque ou pixelização antes do armazenamento definitivo, além de controle de acesso e transmissão criptografada.

Deverá existir política de retenção compatível com a finalidade do tratamento. A definição das bases legais e demais requisitos deverá ser avaliada conforme a implementação concreta e orientação especializada.

A operação do robô exigirá supervisão inicial, rastreamento, limites de velocidade e mecanismos de parada.

14 RESULTADOS ESPERADOS

Como o projeto está em fase de prototipagem, ainda não há resultados experimentais definitivos. Espera-se demonstrar a viabilidade de combinar IA, câmera, GPS, acelerômetro e decibelímetro na identificação de problemas urbanos.

Espera-se que o modelo apresente desempenho satisfatório, mensurado por precisão, recall e F1-score. Não será estabelecido previamente um percentual de desempenho.

Também será investigado se a fusão dos dados de vibração e nível sonoro com as imagens melhora a classificação da severidade de buracos e outras irregularidades. O desempenho deverá ser determinado por testes controlados.

15 LIMITAÇÕES TÉCNICAS E OPERACIONAIS

A capacidade da Raspberry Pi pode limitar o processamento local. O GPS pode sofrer interferências e os modelos de IA podem perder desempenho em condições climáticas adversas.

O acelerômetro pode sofrer interferência de fatores como velocidade, suspensão, tipo de roda e características do terreno. Por isso, seus dados deverão ser calibrados e interpretados em conjunto com outras informações.

O decibelímetro também está sujeito a ruídos ambientais, tráfego, vento e características acústicas do ambiente. Assim, o nível sonoro não deverá ser utilizado isoladamente para determinar profundidade ou gravidade.

A qualidade do conjunto de dados de treinamento constitui outra limitação relevante. Será necessária coleta, anotação e validação de exemplos diversos.

16 POSSIBILIDADES FUTURAS

Caso os testes apresentem resultados favoráveis, poderão ser estudadas navegação mais autônoma, sensores adicionais e técnicas de localização e mapeamento simultâneos, como SLAM.

Futuras versões poderão identificar esgotos a céu aberto, vazamentos, problemas de acessibilidade, sinalização danificada e iluminação pública defeituosa.

O sistema poderá ser integrado a plataformas de gestão urbana e canais oficiais, respeitando requisitos técnicos, legais e de segurança.

17 CONCLUSÃO

O UrMind apresenta uma proposta de aplicação de IA ao monitoramento da infraestrutura urbana, combinando robótica, visão computacional, geolocalização, sensores e participação cidadã.

A utilização conjunta de câmera, acelerômetro, decibelímetro e GPS constitui uma estratégia de fusão sensorial que poderá fornecer informações complementares para a identificação e classificação da severidade de irregularidades. Entretanto, nenhum desses sensores será tratado isoladamente como capaz de determinar com precisão absoluta a gravidade de um problema.

Como o projeto está em prototipagem, a viabilidade deverá ser demonstrada por testes controlados. Os resultados desses testes definirão a efetividade da arquitetura, dos modelos de IA e da abordagem de fusão sensorial.

REFERÊNCIAS

BATTY, M. et al. Smart cities of the future. The European Physical Journal Special Topics, v. 214, n. 1, p. 481–518, 2012.

BRASIL. Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). Diário Oficial da União: Brasília, DF, 15 ago. 2018. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13709.htm. Acesso em: 18 ago. 2026.

LECUN, Y.; BENGIO, Y.; HINTON, G. Deep learning. Nature, v. 521, n. 7553, p. 436–444, 2015.

REDMON, J. et al. You only look once: unified, real-time object detection. In: IEEE CONFERENCE ON COMPUTER VISION AND PATTERN RECOGNITION, 2016, Las Vegas. Proceedings [...]. Las Vegas: IEEE, 2016. p. 779–788.

SHI, W. et al. Edge computing: vision and challenges. IEEE Internet of Things Journal, v. 3, n. 5, p. 637–646, 2016.

04

Saúde, emergência e inclusão

Tecnologias vestíveis, dados públicos, interfaces acessíveis e arquiteturas de pesquisa aproximam a IA do cuidado.

PROJETOS NESTE DOSSIÊ

PEBsmart; HealthCore.AI; Sistema de Sangue Artificial; Plataforma Interativa de Acessibilidade em Libras.

H01

ARTIGO / PROJETO

SAÚDE, EMERGÊNCIA E INCLUSÃO

Desenvolvimento de uma Pulseira Inteligente de Emergência com Integração Mobile e Inteligência Artificial

Enzo Luciano Bido, Bruno Camisa Nova Prado e Pedro Henrique Parras Gonçalves

DESTAQUE EDITORIAL

Uma pulseira baseada em ESP32, sensores e botão de socorro compartilha localização e dados relevantes para reduzir o tempo de resposta em emergências.

DESCRITORES

dispositivo vestível; emergência; ESP32; aplicativo; geolocalização

Identificação nesta versão: Enzo Luciano Bido, Bruno Camisa Nova Prado e Pedro Henrique Parras Gonçalves. *Desenvolvimento de uma Pulseira Inteligente de Emergência com Integração Mobile e Inteligência Artificial*. In: *Conexões Colégio FECAP: Smart City*. Versão para avaliação institucional, 2026, p. 201–206.

Síntese de leitura elaborada pela edição a partir do documento disponível. Funcionalidades descritas não são, por si, evidência de implementação ou desempenho validado. A autoria segue a relação fornecida; conferências e divergências constam do controle separado.

TRABALHO DISCENTE

Desenvolvimento de uma Pulseira Inteligente de Emergência com Integração Mobile e Inteligência Artificial

Enzo Luciano Bido, Bruno Camisa Nova Prado e Pedro Henrique Parras Gonçalves

Curso técnico de Inteligência Artificial, Colégio FECAP, São Paulo, Brasil

Nota editorial sobre a natureza do trabalho. Proposta e protótipo conceitual de pulseira de emergência. Requer confirmação dos testes e não constitui dispositivo clínico validado. As afirmações científicas permanecem sob responsabilidade dos autores; validações e pendências específicas constam do controle separado.

Resumo

Este artigo apresenta a proposta e o processo de desenvolvimento de uma pulseira inteligente de emergência integrada a um aplicativo móvel e a recursos de Inteligência Artificial. A solução tem como objetivo reduzir o tempo de resposta em situações críticas, como quedas, acidentes, mal súbito ou impossibilidade de comunicação verbal por parte do usuário. O sistema é composto por um dispositivo vestível baseado em microcontrolador ESP32, sensores de movimento, botão físico de SOS, alarme sonoro, indicadores visuais e comunicação Bluetooth Low Energy com um aplicativo móvel. O aplicativo realiza o cadastro de dados pessoais e médicos, gerencia contatos de emergência, monitora eventos, compartilha localização em tempo real e executa protocolos automatizados de atendimento. Em cenários críticos, uma camada de Inteligência Artificial é prevista para organizar e transmitir informações relevantes ao atendente de emergência, incluindo dados clínicos, localização e possível causa do incidente. O projeto combina Internet das Coisas, desenvolvimento mobile, computação embarcada, geolocalização, notificações em tempo real e síntese de voz, propondo uma solução de baixo custo, escalável e aplicável a idosos, crianças, pessoas com deficiência e indivíduos expostos a riscos cotidianos.

Palavras-chave: Internet das Coisas; dispositivo vestível; emergência; aplicativo móvel; Inteligência Artificial; segurança pessoal; ESP32.

1 Introdução

Situações de emergência médica ou acidentes domésticos e urbanos exigem resposta rápida, comunicação eficiente e acesso imediato a informações confiáveis. Em muitos casos, a vítima pode estar impossibilitada de utilizar o telefone celular, falar com atendentes ou informar dados clínicos essenciais, como alergias, medicamentos de uso contínuo, tipo sanguíneo e contatos responsáveis. Esse problema torna-se ainda mais crítico para idosos, crianças, pessoas com deficiência, pacientes com condições crônicas e indivíduos que trabalham ou circulam sozinhos.

Nesse contexto, dispositivos vestíveis conectados representam uma alternativa tecnológica relevante para ampliar a segurança pessoal. Pulseiras inteligentes podem permanecer junto ao corpo do usuário, identificar eventos suspeitos por meio de sensores, permitir acionamento manual de socorro e comunicar-se com aplicações móveis responsáveis por executar ações automatizadas.

O presente artigo descreve o desenvolvimento de uma pulseira inteligente de emergência integrada a um aplicativo móvel e a uma camada de Inteligência Artificial. A proposta busca transformar um dispositivo de baixo custo em uma solução capaz de acionar alertas, notificar contatos, compartilhar localização e auxiliar a comunicação com serviços de emergência. Além da descrição funcional, o trabalho apresenta os processos de desenvolvimento do hardware, do software embarcado, do aplicativo móvel, da integração em nuvem e dos mecanismos de apoio inteligente ao atendimento.

2 Objetivos

2.1 Objetivo geral

Desenvolver um sistema vestível de emergência capaz de detectar ou receber acionamentos de risco, comunicar-se com um aplicativo móvel e iniciar protocolos automatizados de alerta, localização e suporte ao atendimento emergencial.

2.2 Objetivos específicos

- Projetar uma pulseira eletrônica baseada em ESP32, sensor inercial, botão SOS, buzzer, LEDs e bateria recarregável.
- Implementar comunicação Bluetooth entre a pulseira e o smartphone do usuário.
- Desenvolver um aplicativo móvel para cadastro de dados pessoais, informações médicas, contatos de emergência e configuração do dispositivo.
- Criar um protocolo de alerta com alarme sonoro, notificação, contagem regressiva e confirmação do usuário.
- Detectar automaticamente quedas, impactos e padrões anormais de movimento com base em dados de acelerômetro e giroscópio.
- Compartilhar localização geográfica em tempo real com contatos autorizados durante ocorrências críticas.
- Integrar recursos de Inteligência Artificial e síntese de voz para comunicar informações relevantes a atendentes em chamadas de emergência.

3 Metodologia de Desenvolvimento

O desenvolvimento do projeto foi organizado em etapas incrementais, permitindo a validação progressiva dos componentes de hardware, software e comunicação. A metodologia adotada combina prototipagem rápida, testes funcionais, refinamento de requisitos e integração contínua entre os módulos.

3.1 Levantamento de requisitos

Inicialmente, foram definidos os requisitos funcionais e não funcionais do sistema. Entre os requisitos funcionais estão o acionamento manual por botão SOS, a detecção automática de acidentes, o envio de notificações, o compartilhamento de localização, o armazenamento de dados médicos e a comunicação com serviços de emergência. Como requisitos não funcionais, destacam-se baixo custo, portabilidade, autonomia energética, facilidade de uso, confiabilidade da comunicação, segurança dos dados e acessibilidade da interface.

3.2 Prototipagem do hardware

A etapa de hardware consiste na montagem inicial em protoboard, seguida pela validação dos sensores e atuadores. O microcontrolador ESP32 é utilizado como unidade principal de processamento devido à presença de conectividade Bluetooth, bom desempenho, baixo consumo relativo e ampla disponibilidade. O sensor MPU6050 fornece dados de aceleração e rotação, permitindo identificar movimentos bruscos e impactos. O botão SOS atua como entrada manual de emergência, enquanto o buzzer e os LEDs fornecem retorno sonoro e visual ao usuário.

3.3 Desenvolvimento do firmware

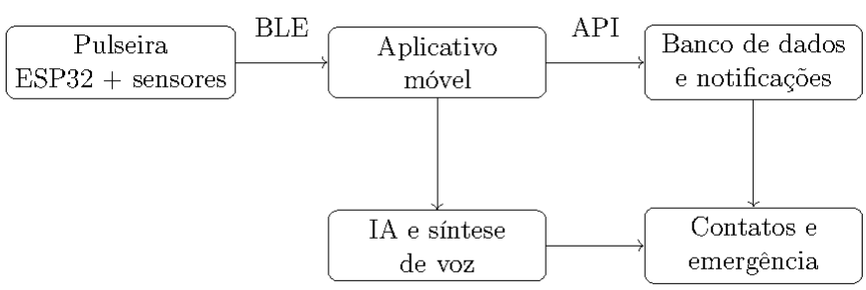
O firmware embarcado é responsável por ler sensores, aplicar regras de detecção de eventos, monitorar o botão físico, controlar alarmes e enviar mensagens ao aplicativo por Bluetooth. O desenvolvimento deve considerar filtragem de ruídos, calibração do sensor inercial, economia de energia e tratamento de falhas de conexão. O firmware também deve diferenciar eventos de curta duração, como movimentos cotidianos, de padrões compatíveis com quedas ou impactos relevantes.

3.4 Desenvolvimento do aplicativo móvel

O aplicativo móvel centraliza a interação com o usuário e a coordenação dos protocolos de emergência. As tecnologias candidatas incluem Flutter, React Native ou desenvolvimento nativo Android com Kotlin. A escolha deve considerar desempenho, acesso a recursos Bluetooth, integração com geolocalização, facilidade de manutenção e compatibilidade com notificações em tempo real.

3.5 Integração em nuvem e serviços externos

Para autenticação, armazenamento e notificações, podem ser utilizados serviços como Firebase Authentication, Firebase Firestore, Firebase Realtime Database, Supabase e Firebase Cloud Messaging. APIs de geolocalização, como Google Maps API ou Google Geolocation API, fornecem coordenadas e suporte ao compartilhamento de rota. A camada de Inteligência Artificial pode ser implementada com APIs externas ou modelos locais, sendo responsável por organizar dados médicos e gerar mensagens adequadas ao contexto emergencial.



Elemento gráfico da fonte. Arquitetura proposta da pulseira, aplicativo e serviços.
Fonte: documento original do projeto, p. 4. Recorte do elemento científico, sem alteração dos dados.

4 Arquitetura Proposta

A arquitetura do sistema é composta por quatro camadas principais: dispositivo vestível, aplicativo móvel, serviços em nuvem e serviços inteligentes de comunicação. A pulseira coleta eventos e envia sinais ao smartphone. O aplicativo interpreta os sinais, acessa dados cadastrados, aciona notificações e coordena o protocolo de emergência. A nuvem armazena dados autorizados e permite comunicação com contatos. A camada de Inteligência Artificial organiza as informações para comunicação automatizada com atendentes.

5 Funcionamento do Sistema

O funcionamento geral inicia-se com o pareamento da pulseira ao aplicativo. Após o cadastro do usuário, o sistema permanece em modo de monitoramento. A emergência pode ser iniciada de duas formas: manualmente, por meio do botão SOS, ou automaticamente, por meio da detecção de queda, impacto ou ausência de resposta após evento suspeito.

Quando o botão SOS é pressionado, a pulseira envia um sinal ao aplicativo via Bluetooth. O aplicativo aciona um alarme sonoro no celular e na pulseira, notifica contatos cadastrados, compartilha a localização em tempo real e

inicia uma contagem regressiva de segurança. Se o usuário cancelar o alerta dentro do período configurado, o evento é registrado como falso alarme ou ocorrência cancelada. Caso não haja cancelamento, o sistema classifica a situação como emergência real e inicia o protocolo avançado de atendimento.

Na detecção automática, o sensor MPU6050 coleta aceleração e rotação. O firmware identifica picos de aceleração, mudanças abruptas de orientação e períodos subsequentes de baixa movimentação. Quando um padrão suspeito é detectado, o aplicativo solicita confirmação do usuário por notificação e alerta sonoro. A ausência de resposta dentro do tempo determinado leva ao acionamento automático do protocolo de emergência.

6 Componentes de Hardware

O encapsulamento físico deve priorizar conforto, resistência, leveza e acesso rápido ao botão SOS. A estrutura pode ser produzida por impressão 3D durante a fase de prototipagem e posteriormente adaptada para materiais flexíveis, como silicone, visando melhor ergonomia.

Tabela 1: Componentes previstos para o protótipo da pulseira inteligente

Componente	Exemplo	Função principal
Microcontrolador	ESP32	Processamento e comunicação Bluetooth
Sensor inercial	MPU6050	Detecção de quedas, impactos e movimento
Botão físico	Botão tátil	Acionamento manual do SOS
Buzzer	Piezoelétrico	Alarme sonoro local
LEDs	Indicadores visuais	Status, bateria e confirmação de alerta
Bateria	Lítio 3,7 V	Alimentação do dispositivo
Carregador	TP4056	Recarga da bateria
Estrutura	Impressão 3D/silicone	Proteção e fixação ao corpo

Fonte: documento original do projeto; dados e natureza das afirmações mantidos.

7 Aplicativo Móvel

O aplicativo é o principal módulo de controle do sistema. Ele deve oferecer interface simples, acessível e objetiva, pois parte do público-alvo pode incluir idosos ou pessoas com limitações motoras e cognitivas. Suas funcionalidades são organizadas em três grupos: cadastro, gerenciamento da pulseira e monitoramento.

No cadastro, são registrados nome completo, data de nascimento, idade, tipo sanguíneo, altura, peso, histórico médico, alergias, medicamentos de uso contínuo e contatos de emergência. No gerenciamento da pulseira, o usuário pode realizar pareamento Bluetooth, configurar sensores, ajustar volume de alarmes e definir tempo de resposta para cancelamento de alertas. No monitoramento, o aplicativo apresenta estado da conexão, histórico de eventos, registros de emergências anteriores e localização em tempo real durante incidentes.

8 Protocolo de Emergência

O protocolo de emergência segue uma sequência padronizada para reduzir atrasos e evitar acionamentos indevidos. Após um evento manual ou automático, o sistema executa as seguintes etapas:

1.Registro local do evento com data, horário e tipo de acionamento.

2.Ativação de alarme sonoro e visual na pulseira e no smartphone.

3.Envio de notificação ao usuário com opção de cancelamento.

4.Compartilhamento da localização com contatos cadastrados.

5.Início de contagem regressiva configurável.

6.Classificação como emergência real em caso de ausência de resposta.

7.Ligação para serviço de emergência ou contato prioritário configurado.

8.Comunicação automatizada dos dados essenciais por IA e síntese de voz.

Esse fluxo permite equilibrar rapidez de resposta e redução de falsos positivos. A confirmação do usuário é importante para evitar chamadas indevidas, enquanto a ativação automática protege pessoas inconscientes ou incapazes de responder.

8.1 Modo de demonstração para apresentação

Durante a apresentação do projeto, o acionamento do protocolo de emergência será realizado em modo de teste. Nesse modo, o sistema não efetuará ligação direta para serviços reais de emergência, como SAMU, bombeiros ou polícia. Em vez disso, será utilizado um celular previamente configurado para simular o recebimento do alerta, permitindo demonstrar o funcionamento do fluxo sem gerar chamadas indevidas ou acionar equipes emergenciais de forma desnecessária.

O celular de teste representará o contato ou serviço de emergência no ambiente de demonstração. Assim, será possível apresentar o envio do alerta, a ativação sonora, a contagem regressiva, o compartilhamento da localização e a comunicação automatizada das informações do usuário de maneira segura e controlada. Essa estratégia preserva a validade da demonstração técnica, pois mantém a lógica do sistema, mas evita riscos éticos, legais e operacionais associados ao acionamento real de serviços públicos de emergência.

9 Inteligência Artificial e Comunicação Automatizada

A camada de Inteligência Artificial tem a função de organizar as informações disponíveis e gerar uma comunicação clara, objetiva e adaptada ao contexto. Durante uma chamada de emergência, o sistema pode transmitir, por síntese de voz, dados como nome do usuário, idade, tipo sanguíneo, condições médicas, alergias, medicamentos, contatos de emergência, localização geográfica, horário do incidente e possível causa da ocorrência.

Um exemplo de mensagem automatizada seria: “Emergência detectada. Usuário cadastrado: nome e idade disponíveis no aplicativo. Possui informações médicas registradas. Localização atual compartilhada com contatos de emergência. Possível queda ou impacto detectado pelo dispositivo vestível”. A mensagem deve ser curta, precisa e revisada para evitar interpretações incorretas.

O uso de IA não substitui profissionais de saúde ou atendentes humanos. Sua finalidade é auxiliar a transmissão de informações quando a vítima não consegue falar. Por esse motivo, o sistema deve registrar apenas dados autorizados, permitir edição pelo usuário e adotar mecanismos de privacidade e segurança.

10 Segurança, Privacidade e Aspectos Éticos

Como o sistema manipula dados sensíveis de saúde e localização, a segurança da informação é um requisito central. O aplicativo deve utilizar autenticação de usuários, criptografia no tráfego de dados, controle de

permissões, armazenamento seguro e possibilidade de exclusão de informações pessoais. O compartilhamento de localização deve ocorrer apenas durante eventos de emergência ou quando autorizado explicitamente.

Também é necessário considerar riscos de falsos positivos e falsos negativos. Um falso positivo pode gerar acionamentos desnecessários; um falso negativo pode impedir o envio de ajuda. Portanto, o algoritmo de detecção deve ser testado em diferentes cenários e ajustado com base em dados reais de movimento. Além disso, a interface deve informar claramente que o dispositivo é um sistema auxiliar de segurança, não um equipamento médico certificado.

11 Plano de Testes e Validação

A validação do projeto deve ocorrer em etapas. Primeiro, testam-se os componentes individualmente: leitura do MPU6050, resposta do botão SOS, acionamento do buzzer, indicação dos LEDs e autonomia da bateria. Em seguida, avalia-se a comunicação Bluetooth entre pulseira e aplicativo, medindo alcance, estabilidade e tempo de transmissão do alerta.

Na fase de testes funcionais, simulam-se quedas controladas, impactos moderados, movimentos cotidianos e acionamentos manuais. As métricas recomendadas incluem taxa de detecção correta, quantidade de falsos alarmes, tempo entre evento e notificação, tempo para obtenção da localização e tempo total até início da chamada de emergência. Por fim, testes com usuários permitem avaliar usabilidade, clareza das mensagens, conforto da pulseira e compreensão do protocolo de cancelamento.

12 Resultados Esperados

Espera-se obter um protótipo funcional capaz de identificar eventos de risco, permitir acionamento manual de emergência e coordenar ações automáticas por meio do aplicativo móvel. O sistema deve reduzir o tempo necessário para solicitar ajuda, fornecer informações relevantes aos contatos e atendentes e aumentar a sensação de segurança dos usuários.

Do ponto de vista acadêmico e tecnológico, o projeto demonstra a integração prática entre IoT, sensores embarcados, comunicação Bluetooth, desenvolvimento mobile, banco de dados em nuvem, notificações, geolocalização e Inteligência Artificial. A solução também apresenta potencial de evolução para monitoramento contínuo, análise preditiva de risco, integração com prontuários digitais e adaptação para diferentes perfis de usuários.

13 Conclusão

Este artigo apresentou a proposta de desenvolvimento de uma pulseira inteligente de emergência integrada a aplicativo móvel e Inteligência Artificial. A solução busca responder a um problema social relevante: a dificuldade de solicitar ajuda rapidamente em situações de risco, especialmente quando a vítima está incapacitada. A arquitetura proposta combina hardware acessível, sensores de movimento, comunicação sem fio, serviços em nuvem e recursos inteligentes de comunicação.

O projeto possui viabilidade técnica para prototipagem com componentes amplamente disponíveis, como ESP32, MPU6050, botão SOS, buzzer, LEDs e bateria recarregável. O aplicativo móvel atua como elemento central de configuração, monitoramento e resposta emergencial. A camada de IA amplia o potencial do sistema ao organizar e comunicar dados essenciais em momentos críticos.

Como trabalhos futuros, recomenda-se aprimorar os algoritmos de detecção de quedas, realizar testes com diferentes grupos de usuários, avaliar autonomia energética, implementar criptografia ponta a ponta, estudar conformidade com normas de proteção de dados e investigar a integração com centrais de atendimento emergencial.

LEITURAS COMPLEMENTARES INDICADAS PELA EDIÇÃO

Pulseira Inteligente de Emergência

As indicações abaixo foram localizadas em fontes primárias e se relacionam ao tema do projeto. Não são atribuídas como bibliografia utilizada pelos estudantes. Outras indicações herdadas da curadoria, ainda não verificadas, constam apenas do quadro separado; a pertinência e a eventual incorporação ao argumento exigem validação dos autores. Não constituem certificação dos resultados do projeto.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. **Artificial Intelligence Risk Management Framework, AI RMF 1.0**. Gaithersburg, 2023. DOI: 10.6028/NIST.AI.100-1.

H02

ARTIGO / PROJETO

SAÚDE, EMERGÊNCIA E INCLUSÃO

HealthCore.AI: Observatório Interativo de Saúde Urbana

Lucas Faria Lopes e Leonardo Barbosa Bragantini

DESTAQUE EDITORIAL

A plataforma reúne riscos sanitários, doenças predominantes, serviços próximos e participação comunitária para ampliar a compreensão da saúde em diferentes regiões de São Paulo.

DESCRITORES

saúde urbana; geolocalização; dados públicos; prevenção; participação

Identificação nesta versão: Lucas Faria Lopes e Leonardo Barbosa Bragantini. *HealthCore.AI: Observatório Interativo de Saúde Urbana*. In: *Conexões Colégio FECAP: Smart City*. Versão para avaliação institucional, 2026, p. 209–213.

Síntese de leitura elaborada pela edição a partir do documento disponível. Funcionalidades descritas não são, por si, evidência de implementação ou desempenho validado. A autoria segue a relação fornecida; conferências e divergências constam do controle separado.

TRABALHO DISCENTE

HealthCore.AI: Observatório Interativo de Saúde Urbana

Lucas Faria Lopes e Leonardo Barbosa Bragantini

Curso técnico de Inteligência Artificial, Colégio FECAP, São Paulo, Brasil

Nota editorial sobre a natureza do trabalho. Documento de requisitos de produto para observatório de saúde urbana. Especificações não equivalem a funcionalidades homologadas. As afirmações científicas permanecem sob responsabilidade dos autores; validações e pendências específicas constam do controle separado.

1 Visão Geral

Nome do Projeto

HealthCore.AI

Categoria

Observatório de saúde urbana

Resumo

O HealthCore.AI é uma plataforma web interativa desenvolvida para auxiliar a população da cidade de São Paulo na identificação e compreensão de riscos relacionados à saúde urbana.

A plataforma utiliza dados públicos de saúde, geolocalização e participação comunitária para fornecer informações acessíveis sobre doenças predominantes em determinadas regiões, fatores de risco ambientais, hospitais próximos e recomendações preventivas.

Além de atuar como uma ferramenta de consulta, o sistema promove conscientização por meio de uma experiência interativa na qual os usuários assumem o papel de “Agentes de Saúde Urbana”, analisando informações e contribuindo para a construção de uma cidade mais saudável.

2 Problema

A população frequentemente possui dificuldade em acessar informações centralizadas sobre riscos sanitários presentes em sua região.

Informações sobre incidência de doenças, condições ambientais e localização de serviços de saúde encontram-se dispersas em diferentes plataformas, dificultando a prevenção e a tomada de decisões rápidas em situações de necessidade.

Além disso, muitos cidadãos desconhecem os principais fatores que influenciam a saúde urbana em seu próprio bairro.

3 Objetivos

Objetivo Geral

Desenvolver uma plataforma digital capaz de mapear indicadores de saúde urbana da cidade de São Paulo, promovendo conscientização, prevenção e acesso facilitado a informações relevantes para a população.

Objetivos Específicos

- Exibir regiões da cidade classificadas por níveis de risco sanitário.
- Informar as doenças predominantes em cada localidade.
- Apresentar hospitais e unidades de saúde próximos.
- Disponibilizar recomendações preventivas personalizadas.
- Permitir avaliações e contribuições da comunidade.
- Promover educação e conscientização sobre saúde pública.
- Transformar dados complexos em informações simples e acessíveis.

4 Público-Alvo

Público Primário

- Moradores da cidade de São Paulo.
- Estudantes.
- Visitantes da cidade.

Público Secundário

- Pesquisadores.
- Profissionais da saúde.
- Gestores públicos.
- Instituições de ensino.

5 Proposta de Valor

O HealthCore.AI reúne, em uma única plataforma, informações relevantes sobre saúde urbana que normalmente estão distribuídas em diversas fontes.

A solução permite que qualquer cidadão compreenda rapidamente os riscos existentes em uma região específica e receba orientações que contribuam para a prevenção de doenças e melhoria da qualidade de vida.

6 Funcionalidades

6.1 Mapa Interativo

O usuário poderá navegar pelo mapa da cidade de São Paulo e selecionar bairros ou regiões.

Ao selecionar uma área, serão exibidas informações como:

- Nome da região.
- Nível de risco sanitário.
- Principais doenças registradas.
- Fatores de risco identificados.
- Recomendações preventivas.

6.2 Classificação de Risco

As regiões serão categorizadas por níveis de risco utilizando indicadores de saúde pública.

Classificações

- Baixo Risco
- Médio Risco
- Alto Risco

A classificação será baseada em dados públicos previamente analisados.

6.3 Informações Epidemiológicas

Para cada região serão exibidos:

- Principais doenças predominantes.
- Dados estatísticos simplificados.
- Tendências observadas.
- Informações educativas.

6.4 Localização de Hospitais

O sistema apresentará:

- Hospitais próximos.
- Unidades Básicas de Saúde (UBS).
- Endereços.
- Telefones.
- Distância aproximada.

6.5 Sistema de Avaliações

Os usuários poderão:

- Avaliar regiões.
- Compartilhar percepções.
- Registrar sugestões.
- Avaliar a própria plataforma.

6.6 Recomendações Inteligentes

Com base nas características da região selecionada, o sistema fornecerá recomendações preventivas.

Exemplo:“Esta região apresenta maior incidência de dengue. Recomenda-se eliminar focos de água parada e utilizar repelente.”

6.7 Formulário Interativo de Predisposição

Durante a apresentação do projeto, será criada uma área de formulário para tornar a experiência mais personalizada e participativa. Nesse formulário, o usuário poderá informar dados como a região onde mora, alguns hábitos cotidianos, histórico familiar de possíveis doenças herdadas dos pais e a existência de doenças crônicas ou condições de saúde relevantes.

A partir das respostas fornecidas, o HealthCore.AI relacionará essas informações com os dados disponíveis no banco de dados da plataforma. Dessa forma, o sistema poderá indicar as principais doenças para as quais a pessoa pode apresentar maior predisposição, considerando fatores territoriais, comportamentais e familiares.

Além de apresentar os possíveis riscos, a plataforma também fornecerá orientações preventivas e recomendações práticas para ajudar o usuário a reduzir esses riscos, promovendo uma experiência educativa, personalizada e voltada à prevenção em saúde.

6.8 Modo Interativo – Agente de Saúde Urbana

Funcionalidade desenvolvida especialmente para apresentações e eventos.

O usuário receberá uma missão rápida:

1.Escolher uma região. 2.Analisar os dados apresentados. 3.Identificar possíveis riscos. 4.Responder um desafio educativo. 5.Receber uma pontuação final.

Tempo médio de interação:3 a 5 minutos.

7 Requisitos Não Funcionais

Usabilidade

- Interface intuitiva.
- Navegação simplificada.
- Fácil compreensão para usuários de todas as idades.

Desempenho

- Carregamento inferior a 3 segundos.
- Resposta rápida às interações.

Responsividade

- Compatível com computadores.
- Compatível com tablets.
- Compatível com smartphones.

Segurança

- Proteção contra spam em avaliações.
- Armazenamento seguro das informações.

8 Tecnologias Utilizadas

Front-End

- React
- HTML5
- CSS3
- JavaScript

Geolocalização

- OpenStreetMap
- Leaflet

Banco de Dados

- SupaBase

Hospedagem

- Vercel

Dados Públicos

- DATASUS

- Portal de Dados Abertos da Prefeitura de São Paulo
- Dados.gov.br

9 Impacto Esperado

O HealthCore.AI busca contribuir para uma população mais consciente sobre os fatores que influenciam a saúde urbana.

A plataforma pretende facilitar o acesso à informação, estimular a prevenção de doenças e incentivar a participação da comunidade na identificação de problemas que afetam a qualidade de vida da população paulistana.

10 Critérios de Sucesso

O projeto será considerado bem-sucedido quando:

- Os usuários conseguirem consultar informações de saúde de forma simples e rápida.
- O sistema apresentar dados compreensíveis e relevantes.
- Os visitantes conseguirem completar a experiência interativa em até 5 minutos.
- A plataforma demonstrar potencial de aplicação real em ambientes urbanos.
- O projeto promover conscientização sobre saúde pública e prevenção de doenças.

11 Visão Futuras Expansões

- Aplicativo para Android e iOS.
- Integração com novos municípios.
- Atualização automática de indicadores públicos.
- Sistema de alertas em tempo real.
- Painel para órgãos públicos.
- Ferramentas de análise preditiva utilizando Inteligência Artificial.

H03

ARTIGO / PROJETO

SAÚDE, EMERGÊNCIA E INCLUSÃO

Arquitetura Inteligente para um Sistema de Sangue Artificial: Dados, Processamento Analítico e Intermediação por IA

Julia Santana Silveira, Mariana Vicente de Souza e Vitória Barreto Sousa

DESTAQUE EDITORIAL

O estudo organiza dados experimentais, validação, modelos de risco e uma camada explicativa para apoiar a pesquisa de um produto biomédico hipotético com rastreabilidade.

DESCRITORES

biomedicina; arquitetura de dados; risco; explicabilidade; rastreabilidade

Identificação nesta versão: Julia Santana Silveira, Mariana Vicente de Souza e Vitória Barreto Sousa. *Arquitetura Inteligente para um Sistema de Sangue Artificial: Dados, Processamento Analítico e Intermediação por IA*. In: *Conexões Colégio FECAP: Smart City*. Versão para avaliação institucional, 2026, p. 215–219.

Síntese de leitura elaborada pela edição a partir do documento disponível. Funcionalidades descritas não são, por si, evidência de implementação ou desempenho validado. A autoria segue a relação fornecida; conferências e divergências constam do controle separado.

TRABALHO DISCENTE

Arquitetura Inteligente para um Sistema de Sangue Artificial: Dados, Processamento Analítico e Intermediação por IA

Julia Santana Silveira, Mariana Vicente de Souza e Vitória Barreto Sousa

Curso técnico de Inteligência Artificial, Colégio FECAP, São Paulo, Brasil

Nota editorial sobre a natureza do trabalho. Arquitetura conceitual de dados para pesquisa em sangue artificial. Não relata fabricação de produto, ensaio clínico ou validação terapêutica. As afirmações científicas permanecem sob responsabilidade dos autores; validações e pendências específicas constam do controle separado.

Resumo

Este artigo apresenta o descritivo de um projeto científico com foco no desenvolvimento de uma plataforma computacional para suporte à pesquisa, simulação, monitoramento e interação com um sistema de sangue artificial, tratado aqui como um produto biomédico hipotético. A proposta organiza o sistema em quatro blocos principais: uma camada de dados para coleta e governança de informações experimentais e clínicas; uma camada de processamento responsável por validação, integração e extração de indicadores; uma camada de inteligência artificial destinada à predição de riscos, interpretação de padrões e geração de recomendações; e, por fim, uma camada de intermediação inteligente entre o sistema de sangue artificial e o usuário final. O trabalho detalha funcionalidades, pré-requisitos técnicos, critérios de segurança e requisitos operacionais para um ambiente de pesquisa translacional orientado a rastreabilidade, explicabilidade e apoio à decisão.

Palavras-chave: sangue artificial, inteligência artificial, arquitetura de sistemas, processamento de dados biomédicos, apoio à decisão.

1 Introdução

O desenvolvimento de sangue artificial representa uma das frentes mais desafiadoras e promissoras da engenharia biomédica. Em um cenário hipotético de maturidade tecnológica, tal solução poderia ser empregada como substituto temporário ou complementar ao sangue humano em situações como trauma, cirurgias, emergências logísticas, missões remotas e contextos de escassez de doadores.

Contudo, um sistema dessa natureza não se limita ao material biológico em si. Sua operação exige infraestrutura digital capaz de armazenar dados laboratoriais, processar sinais e indicadores bioquímicos, interpretar resultados em tempo real e oferecer uma interface segura entre a tecnologia de sangue artificial e os profissionais ou pacientes que interagem com ela. Nesse contexto, a inteligência artificial (IA) assume papel estratégico como mecanismo de análise e mediação, reduzindo complexidade operacional e ampliando a capacidade de decisão informada.

Este artigo descreve um projeto científico em formato de arquitetura funcional, destacando componentes, requisitos e fluxo operacional de um sistema digital associado ao sangue artificial.

2 Objetivo Geral e Objetivos Específicos

Objetivo geral:propor a arquitetura de um sistema computacional para suporte ao uso, monitoramento e interpretação de um sangue artificial hipotético, com mediação inteligente entre a tecnologia biomédica e o usuário.

Objetivos específicos:

- estruturar uma camada de dados capaz de consolidar informações laboratoriais, fisiológicas e operacionais;
- definir uma etapa de processamento para limpeza, padronização e análise de sinais clínicos e parâmetros experimentais;
- incorporar modelos de IA para classificação de risco, recomendação de condutas e detecção de anomalias;
- implementar uma camada conversacional e explicativa que atue como intermediadora entre o sistema de sangue artificial e o usuário final;
- estabelecer pré-requisitos de segurança, rastreabilidade, desempenho e integridade científica.

3 Visão Geral da Solução

O sistema proposto é composto por quatro camadas integradas e sequenciais:

1.Camada de dados:responsável pela aquisição, persistência, versionamento e auditoria de dados experimentais e operacionais.

2.Camada de processamento:encarregada da validação, normalização, enriquecimento e cálculo de indicadores relevantes.

3.Camada de inteligência artificial:realiza inferência, previsão, classificação e explicação dos resultados.

4.Camada de intermediação com o usuário:apresenta respostas, orientações e alertas de forma compreensível, contextualizada e segura.

Essa estrutura permite que o sangue artificial, entendido como dispositivo ou composto monitorado digitalmente, seja acompanhado por uma plataforma capaz de transformar dados brutos em suporte operacional para pesquisa e uso supervisionado.

4 Camada de Dados

A camada de dados constitui o fundamento do projeto. Nela são reunidas informações oriundas de diferentes fontes, tais como ensaios laboratoriais, sensores de bancada, registros clínicos simulados, parâmetros físico-químicos do composto e logs de utilização.

Principais funcionalidades da camada de dados:

- cadastro de lotes de sangue artificial, incluindo composição, data de fabricação, estabilidade e indicadores de qualidade;
- armazenamento de resultados de testes como oxigenação, viscosidade, compatibilidade, resposta inflamatória simulada e tempo de meia-vida funcional;
- registro de perfis de usuários e operadores, com diferentes níveis de permissão;
- integração com dispositivos de coleta de sinais, sensores laboratoriais ou bases clínicas simuladas;
- trilha de auditoria para garantir rastreabilidade completa de alterações, consultas e decisões automatizadas;
- versionamento de dados e experimentos, permitindo reprodutibilidade científica.

Estrutura de dados recomendada:

Sugere-se um banco relacional para metadados críticos, usuários, protocolos e trilhas de auditoria, complementado por um repositório analítico para séries temporais, sinais fisiológicos e resultados experimentais de maior volume. Essa combinação favorece consistência transacional e escalabilidade analítica.

5 Camada de Processamento

Após a aquisição, os dados precisam ser preparados para análise confiável. A camada de processamento transforma entradas heterogêneas em informação estruturada e utilizável.

Funções centrais do processamento:

- limpeza de dados incompletos, duplicados ou inconsistentes;
- normalização de unidades laboratoriais e escalas clínicas;
- correlação entre dados do composto artificial e respostas fisiológicas observadas ou simuladas;
- cálculo de indicadores derivados, como índice de transporte de oxigênio, estabilidade hemodinâmica esperada e probabilidade de degradação;
- geração de eventos operacionais, por exemplo, alerta de lote fora do padrão, tendência de perda funcional ou incompatibilidade com determinado perfil de paciente.

Além disso, essa camada pode executar pipelines programados ou em tempo quase real. Em ambiente de pesquisa, o processamento em lote favorece comparação entre experimentos. Em ambiente operacional, o processamento contínuo apoia monitoramento dinâmico.

6 Camada de Inteligência Artificial

A terceira camada introduz mecanismos de IA para transformar dados processados em recomendações e interpretações com maior valor científico e operacional.

Possíveis aplicações da IA no projeto:

- classificação de risco de uso do sangue artificial com base em parâmetros laboratoriais e fisiológicos;
- detecção de anomalias em lotes ou respostas biológicas fora do padrão esperado;
- predição de desempenho do composto em diferentes cenários clínicos simulados;
- recomendação de protocolos experimentais ou de monitoramento;
- geração de explicações em linguagem natural sobre o motivo de uma recomendação ou alerta.

Abordagem sugerida:

O projeto pode combinar modelos estatísticos, aprendizado supervisionado e mecanismos baseados em regras. Modelos supervisionados seriam úteis para prever segurança, eficiência e estabilidade a partir de dados históricos. Regras clínicas e experimentais, por sua vez, ajudariam a impor limites de segurança e a garantir alinhamento com protocolos biomédicos.

Um requisito essencial é aexplicabilidade. A IA não deve operar como caixa-preta absoluta. Cada recomendação precisa estar associada a fatores observáveis, como saturação prevista, degradação do composto, resposta imune simulada ou incompatibilidade de perfil.

7 Camada de Intermediação entre Sistema e Usuário

A camada final do projeto é o componente que intermedeia a relação entre a plataforma tecnológica do sangue artificial e o usuário que interage com ela. Esse usuário pode ser um pesquisador, biomédico, médico, técnico de laboratório ou, em um cenário controlado, um paciente monitorado.

Essa camada deve operar como umorquestrador inteligente de interação, convertendo resultados técnicos em respostas claras, seguras e orientadas ao contexto.

Funcionalidades da camada intermediadora:

- interface conversacional para consulta de resultados, estados de lotes e recomendações do sistema;
- tradução de métricas complexas em linguagem compreensível para perfis distintos de usuário;

- emissão de alertas críticos com prioridade, justificativa e ação sugerida;
- coleta de perguntas do usuário e envio para a camada de IA, retornando respostas contextualizadas;
- registro de interações para aprendizado contínuo, auditoria e melhoria do sistema;
- bloqueio ou escalonamento para revisão humana quando houver baixa confiança na inferência.

Na prática, essa camada atua como uma ponte entre o ambiente computacional e a tomada de decisão humana. Em vez de expor apenas gráficos ou valores crus, o sistema passa a dialogar com o usuário, contextualizando riscos, benefícios, limitações e próximos passos.

8 Fluxo Funcional do Sistema

O funcionamento do projeto pode ser descrito em cinco etapas principais:

1.coleta de dados do sangue artificial, do ambiente experimental e do usuário monitorado; 2.armazenamento estruturado e rastreável na camada de dados;

3.processamento para padronização, cálculo de indicadores e detecção de inconsistências;

4.inferência por IA para classificação, previsão e recomendação;

5.comunicação ao usuário por meio de uma interface intermediadora com linguagem natural, alertas e explicações.

Esse fluxo assegura encadeamento lógico entre aquisição, análise e tomada de decisão, reduzindo ruído interpretativo e aumentando a segurança do uso do sistema.

9 Pré-requisitos do Sistema

Os pré-requisitos envolvem dimensões computacionais, científicas, regulatórias e operacionais.

Pré-requisitos técnicos:

- infraestrutura de banco de dados com suporte a consistência, backup e auditoria;
- mecanismos de integração com sensores, APIs laboratoriais ou módulos de entrada manual controlada;
- pipeline de processamento de dados com validação automatizada;
- ambiente de execução para modelos de IA com versionamento e monitoramento de desempenho;
- interface web ou painel clínico-laboratorial com controle de acesso por perfil;
- criptografia de dados sensíveis em repouso e em trânsito.

Pré-requisitos científicos:

- definição formal dos parâmetros que caracterizam o sangue artificial hipotético;
- protocolos experimentais padronizados para geração dos dados;
- critérios objetivos de eficácia, segurança e estabilidade;
- curadoria dos dados de treinamento da IA para evitar viés e inconsistência.

Pré-requisitos operacionais e éticos:

- governança sobre quem pode inserir, revisar e aprovar dados;
- supervisão humana obrigatória para decisões críticas;
- conformidade com boas práticas de pesquisa, privacidade e auditoria;
- documentação clara sobre limites de uso do sistema e grau de confiança das recomendações.

10 Requisitos Funcionais e Não Funcionais

Requisitos funcionais:

- cadastrar e consultar amostras, lotes, experimentos e perfis de usuário;
- processar automaticamente dados inseridos no sistema;
- executar modelos de IA para classificação, previsão e recomendação;
- emitir alertas e relatórios interpretáveis;
- permitir interação em linguagem natural com retorno explicativo.

Requisitos não funcionais:

- alta confiabilidade na persistência dos dados;
- baixa latência para consultas críticas;
- escalabilidade para novos tipos de experimento e sensores;
- segurança da informação e rastreabilidade integral;
- transparência algorítmica e capacidade de auditoria das decisões da IA.

11 Contribuições Científicas Esperadas

O projeto contribui cientificamente ao propor uma arquitetura integradora para um domínio biomédico de alta complexidade. Sua principal relevância está em unir pesquisa experimental, ciência de dados e IA explicável em um fluxo coerente. Espera-se, com isso, viabilizar ambiente de teste para hipóteses sobre desempenho do sangue artificial, apoiar decisões laboratoriais e reduzir barreiras entre resultados técnicos e interpretação humana.

Além da aplicação específica, a arquitetura pode servir como modelo para outros sistemas biomédicos inteligentes, nos quais materiais avançados e decisões clínicas dependam de monitoramento contínuo, rastreabilidade e intermediação por linguagem natural.

12 Conclusão

O sistema proposto para sangue artificial, ainda que hipotético, demonstra como uma arquitetura em camadas pode organizar de modo científico e operacional a relação entre dados biomédicos, processamento analítico, IA e interação humana. A camada de dados garante base estruturada e auditável; a camada de processamento transforma observações em indicadores; a IA agrega interpretação, previsão e recomendação; e a camada intermediadora aproxima a complexidade técnica do usuário final.

Em síntese, o projeto apresenta uma visão de plataforma inteligente capaz de sustentar pesquisa, monitoramento e apoio à decisão em torno do sangue artificial, respeitando requisitos de segurança, explicabilidade e governança. Trata-se de uma proposta adequada para discussão acadêmica, prototipação conceitual e expansão futura em contextos de pesquisa translacional.

LEITURAS COMPLEMENTARES INDICADAS PELA EDIÇÃO

Sistema de Sangue Artificial

As indicações abaixo foram localizadas em fontes primárias e se relacionam ao tema do projeto. Não são atribuídas como bibliografia utilizada pelos estudantes. Outras indicações herdadas da curadoria, ainda não verificadas, constam apenas do quadro separado; a pertinência e a eventual incorporação ao argumento exigem validação dos autores. Não constituem certificação dos resultados do projeto.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. **Artificial Intelligence Risk Management Framework, AI RMF 1.0**. Gaithersburg, 2023. DOI: 10.6028/NIST.AI.100-1.

H04

ARTIGO / PROJETO

SAÚDE, EMERGÊNCIA E INCLUSÃO

Plataforma Interativa de Acessibilidade em Libras com Visão Computacional e Gamificação

Afonso Akune Silva, Arthur Schiavetto Costa Ribeiro e Thiago de Almeida Durand

DESTAQUE EDITORIAL

MediaPipe Hands captura pontos das mãos, reconhece gestos e os converte em texto ou voz, enquanto desafios gamificados incentivam o aprendizado de Libras.

DESCRITORES

Libras; acessibilidade; MediaPipe; reconhecimento de gestos; gamificação

Identificação nesta versão: Afonso Akune Silva, Arthur Schiavetto Costa Ribeiro e Thiago de Almeida Durand. *Plataforma Interativa de Acessibilidade em Libras com Visão Computacional e Gamificação*. In: *Conexões Colégio FECAP: Smart City*. Versão para avaliação institucional, 2026, p. 222–227.

Síntese de leitura elaborada pela edição a partir do documento disponível. Funcionalidades descritas não são, por si, evidência de implementação ou desempenho validado. A autoria segue a relação fornecida; conferências e divergências constam do controle separado.

TRABALHO DISCENTE

Plataforma Interativa de Acessibilidade em Libras com Visão Computacional e Gamificação

Afonso Akune Silva, Arthur Schiavetto Costa Ribeiro e Thiago de Almeida Durand

Curso técnico de Inteligência Artificial, Colégio FECAP, São Paulo, Brasil

Nota editorial sobre a natureza do trabalho. Estudo de viabilidade e proposta de acessibilidade em Libras. Reconhecimento de gestos e tradução linguística não são tratados como tarefas equivalentes. As afirmações científicas permanecem sob responsabilidade dos autores; validações e pendências específicas constam do controle separado.

RESUMO Este artigo apresenta o desenvolvimento e a análise de uma plataforma interativa de acessibilidade baseada em visão computacional para tradução da Língua Brasileira de Sinais (Libras) em tempo real. Utilizando a tecnologia Google MediaPipe Hands, o sistema captura pontos articulatórios das mãos do usuário por meio de câmera convencional e converte os gestos em texto ou voz sintetizada. Incorpora, ainda, uma camada de gamificação com desafios interativos para engajamento no aprendizado de Libras. A pesquisa discute fundamentos técnicos, arquitetura do sistema, impacto social, desafios de implementação e perspectivas de evolução. Os resultados indicam viabilidade técnica consistente e alto potencial de impacto para a comunidade surda brasileira, com oportunidades de expansão para dispositivos móveis e integração de rastreamento facial. Palavras-chave: Libras; visão computacional; acessibilidade; gamificação; MediaPipe; inclusão social.

ABSTRACT This paper presents the development and analysis of an interactive accessibility platform based on computer vision for real-time translation of Brazilian Sign Language (Libras). Using Google MediaPipe Hands technology, the system captures hand landmarks through a conventional camera and converts gestures into synthesized text or speech. It also incorporates a gamification layer with interactive challenges to engage users in Libras learning. The research discusses technical foundations, system architecture, social impact, implementation challenges, and future perspectives. Results indicate consistent technical viability and high impact potential for the Brazilian deaf community, with opportunities for mobile expansion and facial tracking integration. Keywords: Brazilian Sign Language; computer vision; accessibility; gamification; MediaPipe; social inclusion.

1. INTRODUÇÃO

A Língua Brasileira de Sinais (Libras) é reconhecida por lei como meio legal de comunicação e expressão da comunidade surda do Brasil, conforme estabelecido pela Lei nº 10.436/2002. Estima-se que mais de dez milhões de brasileiros apresentam algum grau de deficiência auditiva, parcela significativa dos quais utiliza Libras como língua primária de comunicação (IBGE, 2010). Apesar do reconhecimento legal e da expressiva demanda, a inclusão comunicativa plena ainda esbarra em obstáculos estruturais relevantes: escassez de intérpretes qualificados, ausência de ferramentas tecnológicas acessíveis e reduzida disseminação do ensino de Libras entre ouvintes.

Nesse contexto, o desenvolvimento de tecnologias de reconhecimento e tradução automática de línguas de sinais representa uma frente promissora de pesquisa aplicada. Trabalhos anteriores demonstraram a viabilidade do uso de visão computacional para identificação de gestos manuais (COOPER et al., 2012; PIGOU et al., 2015), porém muitas abordagens exigem hardware especializado, como luvas instrumentadas ou câmeras de profundidade, o

que limita sua aplicabilidade em contextos de uso cotidiano. O presente trabalho descreve o desenvolvimento de uma plataforma interativa que combina: (a) reconhecimento de gestos de Libras em tempo real utilizando apenas câmera convencional, por meio da biblioteca Google MediaPipe Hands; (b) conversão dos gestos reconhecidos em texto e voz sintetizada; e (c) uma camada de gamificação composta por desafios interativos para promoção do aprendizado e da prática de Libras. A pesquisa foi desenvolvida no âmbito acadêmico da FECART — Fundação Escola de Comércio Álvares Penteado — e visa contribuir tanto para a literatura de acessibilidade tecnológica quanto para a prática inclusiva. Este artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta a revisão da literatura; a Seção 3 descreve a metodologia e a arquitetura técnica; a Seção 4 aborda a camada de gamificação; a Seção 5 discute impacto social e resultados esperados; a Seção 6 apresenta os desafios e limitações; e a Seção 7 conclui o trabalho com perspectivas futuras.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Língua Brasileira de Sinais: estrutura e especificidades

Libras é uma língua natural de modalidade visuo-espacial, com estrutura gramatical independente do português. Diferentemente de representações manuais do português escrito, Libras possui fonologia (parâmetros: configuração de mão, ponto de articulação, movimento, orientação e expressão não manual), morfologia, sintaxe e semântica próprias (QUADROS; KARNOPP, 2004). Essa complexidade linguística impõe desafios ao reconhecimento computacional automático, pois um sistema eficaz não deve reduzir Libras a um conjunto de gestos estáticos, mas considerar sua natureza dinâmica e contextual. As expressões não manuais — movimentos faciais e corporais que modulam o significado dos sinais — representam um componente gramatical obrigatório em Libras, especialmente em construções interrogativas e negativas. A maioria dos sistemas de reconhecimento gestual existentes ainda não incorpora adequadamente esse componente, o que constitui uma limitação relevante a ser endereçada em futuras iterações do projeto.

2.2 Reconhecimento de Gestos com Visão Computacional

O campo do reconhecimento de gestos por visão computacional avançou significativamente com o surgimento de redes neurais convolucionais profundas (CNNs) e, mais recentemente, com modelos de estimação de postura baseados em regressão de marcos (landmarks). Abordagens como OpenPose (CAO et al., 2017) e MediaPipe (ZHANG et al., 2020) tornaram viável o rastreamento em tempo real de partes do corpo humano em dispositivos de consumo, sem necessidade de GPUs de alto desempenho. O Google MediaPipe Hands, em particular, detecta e rastreia 21 pontos articulatórios (landmarks) em cada mão com coordenadas tridimensionais (x, y, z), operando a taxas superiores a 30 quadros por segundo em hardware convencional. Essa característica o torna

especialmente adequado para aplicações de tradução de línguas de sinais em tempo real (ZHANG et al., 2020).

2.3 Gamificação em Contextos de Aprendizagem

Gamificação é definida como o uso de elementos de design de jogos em contextos não lúdicos com o objetivo de aumentar motivação, engajamento e comportamentos desejados (DETERDING et al., 2011). No contexto do ensino de línguas, pesquisas demonstram que abordagens gamificadas elevam significativamente as taxas de conclusão de atividades e o tempo de engajamento dos aprendizes (HAMARI; KOIVISTO; SARSA, 2014). Elementos como pontuação, níveis progressivos, conquistas (badges), feedback imediato e tabelas de classificação (leaderboards) fortalecem o ciclo motivacional, aspecto especialmente relevante no ensino de línguas de sinais, onde a prática repetitiva e o feedback visual são essenciais para o desenvolvimento da fluência.

3. METODOLOGIA E ARQUITETURA DO SISTEMA

3.1 Visão Geral da Arquitetura

A plataforma foi concebida como uma aplicação web responsiva, de modo a maximizar o alcance e eliminar a necessidade de instalação de software proprietário. A Tabela 1 apresenta o pipeline de processamento, composto por seis etapas sequenciais: captura, detecção, normalização, classificação, tradução e exibição.

Tabela 1: Pipeline de processamento do sistema

Etapa / operação	Descrição	Tecnologia
1 — Captura	Aquisição de frames via câmera do dispositivo	WebCam API
2 — Detecção	Identificação da mão e extração dos 21 landmarks 3D	MediaPipe Hands
3 — Normalização	Padronização das coordenadas relativas ao pulso	NumPy / Python
4 — Classificação	Mapeamento do vetor de landmarks para um sinal de Libras	Modelo ML / Regras
5 — Tradução	Conversão do gesto reconhecido em texto ou voz	TTS / Texto
6 — Exibição	Renderização do resultado na interface do usuário	Frontend Web

Fonte: documento original do projeto; dados e natureza das afirmações mantidos.

3.2 Google MediaPipe Hands

O MediaPipe Hands é um framework de rastreamento de mãos desenvolvido pelo Google Research que opera inteiramente no dispositivo do usuário (on-device), reduzindo a necessidade de transmissão para processamento externo; a privacidade depende também da implementação e do tratamento dos dados. O modelo detecta até duas mãos simultaneamente, fornecendo, para cada uma, as coordenadas normalizadas (0–1) dos 21

landmarks definidos na topologia da mão humana, incluindo metacarpos, falanges proximais, médias e distais, além da ponta de cada dedo (ZHANG et al., 2020). Para fins de reconhecimento de gestos de Libras, os 21 landmarks de cada mão geram um vetor de características de 63 dimensões (21×3 coordenadas). A normalização das coordenadas relativas ao landmark 0 (pulso) elimina a variância de posição na cena, tornando o vetor invariante à localização da mão no quadro. Técnicas adicionais de normalização de escala (divisão pela distância pulso-dedo médio) garantem invariância ao tamanho da mão.

3.3 Módulo de Reconhecimento e Classificação

O módulo de classificação é responsável por mapear o vetor de landmarks normalizado para o conjunto de sinais de Libras suportados pelo sistema. Duas abordagens complementares são previstas: (a) classificação baseada em regras para o alfabeto manual e numerais, onde a configuração estática dos dedos é determinística; e (b) classificação por aprendizado de máquina para sinais dinâmicos, utilizando redes neurais recorrentes (LSTM) ou classificadores baseados em sequências de frames. Para o treinamento do modelo supervisionado, é necessária a construção de um dataset de gestos de Libras com variabilidade representativa — contemplando diferentes sinalizantes, velocidades, condições de iluminação e variantes regionais. A curadoria dos dados deve ser realizada em parceria com membros da comunidade surda e com intérpretes certificados para garantir a qualidade e a representatividade das amostras.

4. CAMADA DE GAMIFICAÇÃO

4.1 Design de Experiência do Usuário

A camada de gamificação foi projetada com base nos princípios do framework Octalysis (CHOU, 2015), que categoriza motivações humanas em oito dimensões: significado épico, desenvolvimento e realização, empoderamento criativo, propriedade e posse, influência social, escassez e impaciência, imprevisibilidade e curiosidade, e perda e rejeição. O design das mecânicas do sistema prioriza as dimensões de desenvolvimento e realização, empoderamento criativo e influência social, por serem as mais compatíveis com objetivos de aprendizagem de longo prazo.

4.2 Mecânicas Implementadas

O sistema incorpora as seguintes mecânicas de gamificação: - Desafios progressivos: séries de gestos com dificuldade crescente, do alfabeto manual a expressões contextuais completas, organizados em trilhas temáticas (cotidiano, saúde, educação, trabalho); - Sistema de pontuação e níveis: acúmulo de pontos por gestos corretos, com multiplicadores para sequências (streaks) e bônus por velocidade de execução; - Conquistas (badges): recompensas visuais por marcos específicos, como completar o alfabeto manual, realizar 100 gestos corretos ou dominar um módulo temático; - Feedback em tempo real: resposta visual imediata sobre a correção do gesto, com indicador de confiança baseado na pontuação do classificador; - Tabelas de classificação: rankings segmentados por nível de experiência para estimular a competição saudável sem excluir iniciantes.

5. IMPACTO SOCIAL E RESULTADOS ESPERADOS

5.1 Beneficiários e Alcance

A plataforma destina-se primariamente a dois grupos de usuários: (a) pessoas surdas que desejam um canal de comunicação mediado por tecnologia em contextos cotidianos sem a presença de intérpretes; e (b) ouvintes que desejam aprender Libras de forma interativa e autoguiada. Indiretamente, beneficia também profissionais das áreas de saúde, educação e atendimento ao público que precisam de recursos de apoio à comunicação inclusiva.

Tabela 2: Grupos de beneficiários e impactos esperados

Grupo beneficiário	Impacto esperado
Pessoas surdas	Comunicação mais autônoma em contextos sem intérprete; redução de barreiras de acesso a serviços
Familiares de surdos	Ferramenta de aprendizado de Libras no ambiente doméstico; fortalecimento do vínculo comunicativo
Profissionais de saúde/educação	Recurso de apoio para atendimento inclusivo e conformidade com a Lei Brasileira de Inclusão (LBI)
Estudantes universitários	Plataforma de aprendizado prático, engajante e gamificado para a disciplina de Libras
Organizações e empresas	Solução para implementação de acessibilidade comunicativa com baixo custo de infraestrutura

Fonte: documento original do projeto; dados e natureza das afirmações mantidos.

5.2 Alinhamento com Marcos Normativos e ODS

O projeto está diretamente alinhado com a Lei Brasileira de Inclusão (LBI — Lei nº 13.146/2015), que estabelece o direito à comunicação acessível em ambientes educacionais, de saúde e de trabalho. No plano internacional, a iniciativa dialoga com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da ONU, notadamente o ODS 4 (Educação de Qualidade e Inclusiva) e o ODS 10 (Redução das Desigualdades). O uso de câmera convencional como único hardware necessário é um diferencial estratégico para o alcance social do projeto. Em um país com alta desigualdade de acesso tecnológico, a possibilidade de executar a plataforma

em qualquer dispositivo com câmera frontal — incluindo smartphones de entrada — é determinante para que os benefícios da tecnologia alcancem as populações que mais necessitam.

6. DESAFIOS, LIMITAÇÕES E TRABALHOS FUTUROS

6.1 Complexidade Linguística de Libras

O maior desafio técnico reside na abrangência linguística do reconhecimento. O sistema atual, focado nos landmarks das mãos, captura apenas a configuração manual dos sinais, desconsiderando expressões faciais, movimentos corporais e parâmetros de espaço de sinalização que são gramaticalmente obrigatórios em Libras. Para ampliar a cobertura

linguística, versões futuras deverão integrar os módulos MediaPipe Face Mesh e MediaPipe Pose, possibilitando a captura multimodal dos parâmetros fonológicos da língua.

6.2 Qualidade e Representatividade do Dataset

O desempenho de qualquer classificador de aprendizado de máquina é intrinsecamente dependente da qualidade e representatividade dos dados de treinamento. Para Libras, é imperativo que o dataset contemple a diversidade dos sinalizantes — diferentes faixas etárias, gêneros, tonalidades de pele, velocidades de sinalização e variações regionais dos sinais. A coleta de dados deve ser realizada com o consentimento informado dos participantes e com a validação de intérpretes certificados e membros da comunidade surda, conforme os princípios do design centrado no usuário.

6.3 Limitações do Ambiente de Captura

A qualidade do rastreamento é sensível às condições ambientais de iluminação, ao contraste entre a pele das mãos e o fundo da cena, e à oclusão parcial das mãos. Câmeras de baixa resolução e ambientes com iluminação inadequada podem degradar a precisão dos landmarks, aumentando a taxa de erros de classificação. Recomenda-se o desenvolvimento de mecanismos de feedback ao usuário sobre a qualidade da captura, orientando o posicionamento e as condições de uso.

6.4 Roadmap de Evolução

Tabela 3: Roadmap de desenvolvimento proposto

Versão	Escopo	Horizonte
MVP	Alfabeto manual e numerais; interface web; gamificação básica (pontos e levels)	Curto prazo
v1.0	Vocabulário de 200+ sinais; trilhas temáticas; feedback de qualidade de captura	Médio prazo
v2.0	Integração de expressão facial (MediaPipe Face Mesh); app mobile; ranking social	Médio/longo prazo
v3.0	Tradução bidirecional (texto/voz → avatar 3D em Libras); API pública; SDK para terceiros	Longo prazo

Fonte: documento original do projeto; dados e natureza das afirmações mantidos.

7. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou o desenvolvimento de uma plataforma interativa de acessibilidade em Libras baseada em visão computacional e gamificação. A proposta organiza uma hipótese de viabilidade técnica a ser validada, apoiada no uso do Google MediaPipe Hands para rastreamento de mãos em tempo real com câmera convencional, dispensando hardware especializado. A integração de uma camada de gamificação com desafios progressivos, sistemas de pontuação e conquistas configura um diferencial relevante frente às soluções existentes no mercado. Do ponto de vista social, o projeto responde a uma demanda documentada da comunidade surda brasileira por ferramentas tecnológicas acessíveis e autônomas, alinhando-se aos marcos normativos da LBI e aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU. A

possibilidade de execução em qualquer dispositivo com câmera frontal democratiza o acesso à plataforma, potencializando seu alcance para populações em contextos de menor renda. Os principais desafios identificados — a complexidade linguística de Libras, a necessidade de um dataset representativo e a sensibilidade às condições ambientais de captura — são conhecidos e gerenciáveis com as abordagens metodológicas adequadas. O roadmap proposto estabelece uma trajetória evolutiva coerente, do MVP ao desenvolvimento de uma API pública e de avatares 3D sinalizantes. Como trabalhos futuros, destacam-se: (a) a condução de estudos de usabilidade com membros da comunidade surda para validação da efetividade comunicativa do sistema; (b) a expansão do vocabulário por meio de campanhas participativas de coleta de dados; (c) a integração de rastreamento facial para captura de expressões não manuais; e (d) a investigação de métricas de aprendizagem para avaliar a efetividade pedagógica da abordagem gamificada.

REFERÊNCIAS

CAO, Z. et al. Realtime multi-person 2D pose estimation using part affinity fields. In: PROCEEDINGS OF THE IEEE CONFERENCE ON COMPUTER VISION AND PATTERN RECOGNITION. 2017. p. 7291-7299.

CHOU, Y. Actionable gamification: beyond points, badges and leaderboards. Fremont: Octalysis Media, 2015.

COOPER, H. et al. Sign language recognition using sub-units. Journal of Machine Learning Research, v. 13, p. 2205-2231, 2012.

DETERDING, S. et al. From game design elements to gamefulness: defining ’gamification’. In: PROCEEDINGS OF THE 15TH INTERNATIONAL ACADEMIC MINDTREK CONFERENCE. 2011. p. 9-15.

HAMARI, J.; KOIVISTO, J.; SARSA, H. Does gamification work? A literature review of empirical studies on gamification. In: 47TH HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM SCIENCES. 2014. p. 3025-3034.

IBGE — INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo demográfico 2010: características gerais da população, religião e pessoas com deficiência. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

PIGOU, L. et al. Beyond temporal pooling: recurrence and temporal convolutions for gesture recognition in video. International Journal of Computer Vision, v. 126, p. 430-439, 2015.

QUADROS, R. M.; KARNOPP, L. B. Língua de sinais brasileira: estudos linguísticos. Porto Alegre: Artmed, 2004.

ZHANG, F. et al. MediaPipe Hands: on-device real-time hand tracking. In: ECCV WORKSHOP ON COMPUTER VISION FOR AUGMENTED AND MIXED REALITY. 2020.

BRASIL. Lei nº 10.436, de 24 de abril de 2002. Dispõe sobre a Língua Brasileira de Sinais — Libras. Brasília: Presidência da República, 2002.

BRASIL. Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência. Brasília: Presidência da República, 2015.

05

Economia, educação e decisão

Modelos de recomendação e ambientes simulados tornam escolhas comerciais, empresariais e públicas mais observáveis.

PROJETOS NESTE DOSSIÊ

Radar de Oportunidades; Essenza; MarketPulse Local; Assistente de Precificação Geográfica; O Dilema do Presidente; SmartCart.

E01

ARTIGO / PROJETO

ECONOMIA, EDUCAÇÃO E DECISÃO

Radar de Oportunidades Inteligente: Plataforma para Identificação de Potenciais Comerciais Urbanos

Guilherme Sousa dos Santos, Enzo Toshiyuki Costa e Catarina Esposito de Souza

DESTAQUE EDITORIAL

Dados geográficos, demográficos e econômicos são cruzados para estimar demanda, concorrência e aderência regional de novos negócios.

DESCRITORES

oportunidades comerciais; geodados; recomendação; empreendedorismo; explicabilidade

Identificação nesta versão: Guilherme Sousa dos Santos, Enzo Toshiyuki Costa e Catarina Esposito de Souza. *Radar de Oportunidades Inteligente: Plataforma para Identificação de Potenciais Comerciais Urbanos*. In: *Conexões Colégio FECAP: Smart City*. Versão para avaliação institucional, 2026, p. 230–236.

Síntese de leitura elaborada pela edição a partir do documento disponível. Funcionalidades descritas não são, por si, evidência de implementação ou desempenho validado. A autoria segue a relação fornecida; conferências e divergências constam do controle separado.

TRABALHO DISCENTE

Radar de Oportunidades Inteligente: Plataforma para Identificação de Potenciais Comerciais Urbanos

Guilherme Sousa dos Santos, Enzo Toshiyuki Costa e Catarina Esposito de Souza

Curso técnico de Inteligência Artificial, Colégio FECAP, São Paulo, Brasil

Nota editorial sobre a natureza do trabalho. Proposta de recomendação de oportunidades comerciais. Fórmulas e ranking exemplificam um modelo conceitual, não retorno econômico comprovado. As afirmações científicas permanecem sob responsabilidade dos autores; validações e pendências específicas constam do controle separado.

Resumo

Este artigo apresenta o projetoRadar de Oportunidades Inteligente, uma plataforma computacional voltada à identificação de oportunidades comerciais em regiões urbanas por meio da integração de Inteligência Artificial, análise de dados geográficos, indicadores demográficos, informações econômicas e tendências de mercado. O sistema tem como objetivo apoiar empreendedores, pequenos comerciantes e gestores públicos na tomada de decisão sobre abertura, expansão ou planejamento de negócios locais. Diferentemente de abordagens baseadas apenas na contagem de estabelecimentos existentes, a proposta cruza múltiplas variáveis para estimar demanda potencial, concorrência, aderência ao perfil socioeconômico da população e viabilidade comercial. O trabalho descreve o problema investigado, os objetivos do projeto, a arquitetura proposta, as etapas de desenvolvimento, os métodos de processamento de dados, os modelos de Inteligência Artificial aplicáveis, os mecanismos de explicabilidade e a interação com usuários por linguagem natural e voz. Como resultado esperado, a plataforma busca reduzir a incerteza na escolha de regiões e tipos de negócio, promovendo decisões mais fundamentadas e contribuindo para o desenvolvimento econômico local. Palavras-chave: Inteligência Artificial; análise urbana; oportunidades comerciais; sistemas de recomendação; aprendizado de máquina; tomada de decisão.

1 Introdução

A decisão de abrir um empreendimento envolve riscos associados à localização, ao público-alvo, à concorrência, ao poder aquisitivo da população e às tendências de consumo. Em muitos casos, pequenos empreendedores tomam decisões com base em observação informal, experiência pessoal ou disponibilidade imediata de imóveis comerciais, sem acesso a análises quantitativas capazes de indicar a real viabilidade de determinado negócio em uma região.

Esse cenário contribui para a abertura de estabelecimentos em mercados saturados, locais com baixa demanda ou áreas incompatíveis com o perfil do produto ou serviço oferecido. Como consequência, há aumento da probabilidade de insucesso empresarial, desperdício de capital, fechamento precoce de negócios e menor eficiência no desenvolvimento econômico urbano.

O projetoRadar de Oportunidades Inteligentesurge como uma proposta de solução tecnológica para esse problema. A plataforma utiliza técnicas de análise de dados e Inteligência Artificial para identificar quais tipos de estabelecimentos possuem maior potencial de sucesso em diferentes regiões de uma cidade. Para isso, o sistema considera informações geográficas, demográficas, econômicas e comportamentais, transformando dados dispersos em recomendações explicáveis e acessíveis ao usuário final.

Além de apoiar empreendedores individuais, a solução também pode ser utilizada por gestores públicos em políticas de incentivo econômico, revitalização de regiões, planejamento urbano e identificação de áreas com carência de serviços essenciais. Dessa forma, o projeto combina relevância tecnológica, social e econômica.

2 Problema de Pesquisa

O problema central investigado neste projeto pode ser formulado da seguinte maneira: como utilizar Inteligência Artificial e análise integrada de dados urbanos para identificar oportunidades comerciais com maior potencial de sucesso em regiões específicas de uma cidade?

Esse problema envolve diferentes desafios. O primeiro está relacionado à coleta e integração de dados heterogêneos, como localização de estabelecimentos, densidade populacional, perfil socioeconômico, tipos de comércio existentes e tendências de consumo. O segundo desafio consiste em transformar essas informações em indicadores úteis para a tomada de decisão. O terceiro está associado à geração de recomendações compreensíveis, justificadas e confiáveis para usuários que, muitas vezes, não possuem conhecimento técnico em ciência de dados.

Portanto, a proposta não se limita a indicar se há muitos ou poucos estabelecimentos em determinada região. O sistema busca compreender relações entre oferta, demanda, concorrência, características populacionais e tendências de mercado, produzindo uma análise mais robusta sobre o potencial de implantação de novos negócios.

3 Objetivos

3.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma plataforma inteligente capaz de identificar oportunidades comerciais em diferentes regiões urbanas utilizando técnicas de Inteligência Artificial, análise de dados e interação natural com o usuário.

3.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do projeto são:

- coletar e organizar dados geográficos, demográficos, econômicos e mercadológicos relacionados a regiões urbanas;
- analisar a distribuição espacial de estabelecimentos comerciais por categoria;
- identificar regiões com baixa oferta de determinados produtos ou serviços;
- estimar indicadores de demanda potencial e concorrência local;
- avaliar a compatibilidade entre tipos de negócio e perfil socioeconômico da população;
- gerar recomendações classificadas por score de viabilidade comercial;
- produzir explicações em linguagem natural para justificar as recomendações;
- permitir interação com o sistema por texto e voz, tornando a análise acessível a diferentes perfis de usuário.

4 Justificativa

A relevância do projeto está relacionada à necessidade de ferramentas que democratizem o acesso à inteligência de mercado. Grandes empresas frequentemente utilizam estudos de localização, consultorias especializadas e bases de dados comerciais para decidir onde instalar unidades. Pequenos empreendedores, entretanto, costumam ter acesso limitado a esse tipo de análise, o que amplia a assimetria de informação no mercado.

Ao automatizar parte desse processo analítico, oRadar de Oportunidades Inteligentepode auxiliar na redução de riscos empresariais e no uso mais eficiente de recursos financeiros. Além disso, a ferramenta pode revelar oportunidades em regiões negligenciadas, apontar carência de serviços e apoiar políticas públicas de desenvolvimento local.

Outro aspecto relevante é a explicabilidade das recomendações. Sistemas baseados em Inteligência Artificial podem ser percebidos como caixas-pretas quando apenas apresentam resultados sem justificativa. Por esse motivo, o projeto incorpora mecanismos de geração de explicações, permitindo que o usuário compreenda os fatores que levaram à recomendação apresentada.

5 Arquitetura Geral do Sistema

A plataforma proposta é organizada em camadas funcionais. Cada camada possui responsabilidades específicas no fluxo de coleta, processamento, análise, recomendação e apresentação dos resultados.

Essa arquitetura modular facilita a evolução do sistema, permitindo que novas fontes de dados, modelos de IA ou interfaces sejam adicionadas sem a necessidade de reconstrução completa da plataforma.

6 Processo de Desenvolvimento

O desenvolvimento do projeto pode ser dividido em etapas metodológicas, conforme descrito a seguir.

Tabela 1: Camadas da arquitetura proposta

Camada	Função principal
Coleta de dados	Integra informações geográficas, demográficas, econômicas e tendências de mercado.
Processamento	Limpa, padroniza, agrega e transforma dados brutos em indicadores analíticos.
Inteligência Artificial	Aplica modelos de aprendizado de máquina, sistemas de recomendação e análise preditiva.
Explicabilidade	Gera justificativas textuais para os resultados obtidos pelos modelos.
Interface	Permite interação por mapas, formulários, texto e voz.

Fonte: documento original do projeto; dados e natureza das afirmações mantidos.

6.1 Levantamento de Requisitos

Na primeira etapa, são identificados os principais usuários da plataforma e suas necessidades. Entre os perfis considerados estão empreendedores interessados em abrir um negócio, comerciantes que desejam expandir suas operações e gestores públicos envolvidos no planejamento econômico local.

Os requisitos funcionais incluem consulta por região, seleção de tipo de negócio, simulação de investimento, visualização em mapa, geração de ranking de oportunidades e interação por linguagem natural. Já os requisitos não funcionais envolvem usabilidade, desempenho, interpretabilidade, escalabilidade e segurança no tratamento dos dados.

6.2 Modelagem dos Dados

A modelagem dos dados consiste em definir quais entidades serão representadas no sistema. Entre as principais entidades estão regiões, bairros, estabelecimentos, categorias comerciais, indicadores demográficos, indicadores econômicos e tendências de consumo.

Cada região pode ser descrita por atributos como população, densidade demográfica, renda média, faixa etária predominante, quantidade de estabelecimentos por categoria e distância média até serviços essenciais. Esses atributos formam a base para o cálculo dos indicadores utilizados pelos modelos de recomendação.

6.3 Coleta e Integração de Dados

A coleta de dados envolve múltiplas fontes. Dados geográficos podem ser obtidos por meio de mapas abertos, como OpenStreetMap, enquanto informações demográficas e socioeconômicas podem ser extraídas de bases públicas oficiais. Dados econômicos podem incluir registros de estabelecimentos, classificação por segmento e concentração comercial. Tendências de mercado podem ser estimadas a partir de pesquisas, séries temporais ou indicadores de interesse de consumo.

Como essas fontes possuem formatos distintos, é necessário realizar processos de integração, padronização de nomes, normalização de categorias e associação espacial entre estabelecimentos e regiões.

Essa etapa é fundamental para garantir que os dados possam ser analisados de forma consistente.

6.4 Pré-processamento e Construção de Indicadores

Após a coleta, os dados passam por limpeza e transformação. Registros duplicados, valores ausentes, inconsistências de localização e categorias comerciais ambíguas devem ser tratados. Em seguida, são construídos indicadores que representam aspectos relevantes da análise comercial.

Exemplos de indicadores incluem:

- quantidade de estabelecimentos por categoria em cada região;
- relação entre população residente e oferta de serviços;
- índice de concorrência local;
- índice de demanda potencial;
- distância média entre consumidores e estabelecimentos existentes;
- compatibilidade entre renda média da região e faixa de preço do negócio;
- tendência de crescimento ou retração de determinado setor.

Um exemplo simplificado de demanda potencial pode ser representado pela Equação 1.

$$D_{r,c} = \frac{P_r \cdot I_{r,c} \cdot T_c}{1 + E_{r,c}}. \tag{1}$$

Nessa equação, D r,c representa a demanda potencial da categoriacna regiãor, P r representa a população da região,I r,c indica a compatibilidade entre o perfil da população e a categoria analisada, Tc representa a tendência de mercado da categoria eE r,c corresponde à quantidade ou intensidade de estabelecimentos concorrentes existentes.

6.5 Desenvolvimento dos Modelos de Inteligência Artificial

A camada de Inteligência Artificial pode empregar diferentes técnicas, dependendo da disponibilidade e qualidade dos dados. Modelos de aprendizado supervisionado podem ser utilizados quando há histórico de desempenho de negócios, como abertura, permanência, faturamento aproximado ou fechamento de estabelecimentos. Nesse caso, algoritmos como árvores de decisão, florestas aleatórias, regressão logística ou modelos de gradiente podem estimar a probabilidade de sucesso de um novo negócio.

Quando não houver dados rotulados suficientes, abordagens não supervisionadas podem ser aplicadas para identificar agrupamentos de regiões semelhantes. Técnicas de clusterização podem revelar bairros com perfis parecidos de consumo, densidade comercial ou carência de serviços. Além disso, sistemas de recomendação podem combinar características da região e do tipo de negócio para gerar rankings de oportunidades.

O resultado principal da análise é um score de viabilidade, calculado a partir de fatores como demanda, concorrência, perfil dos moradores, fluxo potencial de consumidores e tendência de crescimento do setor. A Equação 2 apresenta uma formulação conceitual para esse score.

$$S_{r,c} = w_1 D_{r,c} + w_2 A_{r,c} + w_3 T_c - w_4 C_{r,c}. \tag{2}$$

Na equação,S r,c é o score de viabilidade da categoriacna regiãor, D r,c representa demanda potencial,A r,c indica aderência ao perfil socioeconômico,T c representa tendência de mercado,C r,c indica concorrência ew 1, w 2, w 3 ew 4 são pesos definidos por validação empírica ou ajuste do modelo.

7 Funcionamento da Plataforma

O fluxo de uso da plataforma inicia quando o usuário informa uma região de interesse, um tipo de negócio ou um orçamento disponível. Em seguida, o sistema recupera os dados associados à localidade, calcula indicadores, aplica os modelos de análise e apresenta um conjunto de recomendações.

Um exemplo de saída do sistema é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Exemplo de ranking de oportunidades comerciais

Tipo de negócio	Score de viabilidade	Interpretação
Cafeteria	89%	Alto potencial
Academia	84%	Alto potencial
Pet shop	76%	Potencial moderado
Farmácia	42%	Baixo potencial

Fonte: documento original do projeto; dados e natureza das afirmações mantidos.

Além do score, o sistema apresenta uma justificativa textual. Por exemplo: “A abertura de uma cafeteria apresenta alto potencial devido à elevada concentração de jovens adultos, grande fluxo de pessoas e baixa concorrência local”. Essa explicação permite que o usuário compreenda os principais fatores que influenciaram a recomendação.

8 Interação por Linguagem Natural e Voz

Um diferencial do projeto é a possibilidade de interação natural entre usuário e sistema. A plataforma pode aceitar perguntas digitadas ou comandos por voz, ampliando a acessibilidade e tornando a experiência mais intuitiva.

Exemplos de solicitações incluem:

- “Quero abrir uma cafeteria”;
- “Qual negócio teria mais chance de sucesso nesta região?”;
- “Tenho R$ 200 mil para investir”;
- “Onde há pouca oferta de academias?”.

O processamento de linguagem natural interpreta a intenção do usuário, identifica entidades relevantes, como região, categoria de negócio e orçamento, e aciona os módulos analíticos correspondentes. Em uma versão com voz, serviços de reconhecimento de fala podem converter o áudio em texto antes da interpretação semântica. Posteriormente, uma IA generativa pode elaborar respostas personalizadas em linguagem natural.

9 Simulador de Investimentos

O simulador de investimentos permite que o usuário assuma o papel de empreendedor e teste diferentes cenários. Para isso, ele informa uma região, um tipo de negócio e um orçamento estimado. O sistema calcula indicadores como potencial de sucesso, nível de concorrência, público-alvo provável e justificativa da recomendação.

Essa funcionalidade possui valor didático e prático. Em apresentações públicas, ela transforma a plataforma em uma demonstração interativa. Em uso real, pode auxiliar o empreendedor a comparar alternativas antes de comprometer recursos financeiros.

10 Tecnologias Propostas

A implementação da plataforma pode ser realizada com tecnologias acessíveis e amplamente utilizadas no desenvolvimento de aplicações de dados.

No front-end, podem ser utilizados HTML, CSS e JavaScript em uma versão inicial, ou frameworks como React para interfaces mais dinâmicas. Para visualização geográfica, bibliotecas como Leaflet podem ser integradas a dados do OpenStreetMap.

No back-end, Python é uma alternativa adequada devido ao seu ecossistema de bibliotecas para análise de dados e Inteligência Artificial. Bibliotecas como Pandas e NumPy podem ser utilizadas no tratamento e transformação dos dados, enquanto Scikit-Learn pode apoiar a criação de modelos de aprendizado de máquina. Para interação por voz, podem ser usados serviços de transcrição de fala, e para geração de respostas explicativas, modelos de IA generativa podem ser integrados por meio de APIs.

11 Avaliação da Solução

A avaliação da plataforma deve considerar tanto aspectos técnicos quanto aspectos de usabilidade. Do ponto de vista técnico, é possível medir a qualidade dos modelos por métricas como acurácia, precisão, revocação, erro médio absoluto ou correlação entre score previsto e desempenho observado dos negócios, dependendo da natureza dos dados disponíveis.

Do ponto de vista prático, a avaliação pode incluir testes com usuários, análise da clareza das recomendações, tempo de resposta, facilidade de navegação e utilidade percebida. Também é importante verificar se as explicações geradas são coerentes com os indicadores utilizados pelo sistema.

Um processo de validação recomendado consiste em comparar as recomendações do sistema com dados históricos de estabelecimentos bem-sucedidos ou encerrados em determinadas regiões. Essa comparação permitiria ajustar pesos, calibrar scores e melhorar a confiabilidade das previsões.

12 Limitações e Considerações Éticas

Apesar do potencial da solução, algumas limitações devem ser consideradas. A qualidade das recomendações depende diretamente da qualidade, atualização e abrangência dos dados utilizados. Dados incompletos, desatualizados ou enviesados podem gerar análises imprecisas.

Também é necessário considerar aspectos éticos. A plataforma não deve substituir completamente o julgamento humano, mas atuar como ferramenta de apoio à decisão. Além disso, deve-se evitar que recomendações automatizadas reforcem desigualdades regionais, privilegiem apenas áreas de maior renda ou desconsiderem necessidades sociais importantes.

Outro ponto relevante é a privacidade. Caso sejam utilizados dados sensíveis ou individualizados, o sistema deve adotar mecanismos de anonimização, agregação e proteção das informações, respeitando legislações aplicáveis e boas práticas de governança de dados.

13 Resultados Esperados

Espera-se que oRadar de Oportunidades Inteligentecontribua para decisões comerciais mais informadas, reduzindo a incerteza na escolha de regiões e segmentos de negócio. Entre os resultados esperados estão:

- identificação de regiões com carência de serviços específicos;

- geração de rankings de oportunidades comerciais por bairro ou área;
- redução do risco de abertura de negócios em mercados saturados;
- apoio ao planejamento urbano e econômico;
- maior acessibilidade à inteligência de mercado para pequenos empreendedores;
- apresentação de recomendações transparentes e justificadas.

14 Conclusão

Este artigo apresentou a proposta doRadar de Oportunidades Inteligente, uma plataforma baseada em Inteligência Artificial para análise de oportunidades comerciais em regiões urbanas. O projeto busca solucionar um problema recorrente enfrentado por empreendedores: a falta de informações integradas e confiáveis para escolher onde e qual tipo de negócio abrir.

A solução proposta combina coleta de dados, processamento analítico, aprendizado de máquina, sistemas de recomendação, explicabilidade e interação por linguagem natural. Ao cruzar fatores como demanda, concorrência, perfil socioeconômico e tendências de mercado, a plataforma oferece uma análise mais completa do que métodos baseados apenas na contagem de estabelecimentos.

Como continuidade do projeto, recomenda-se o desenvolvimento de um protótipo funcional, a integração com bases reais de dados urbanos, a validação dos modelos com informações históricas e a realização de testes com usuários. Dessa forma, o sistema poderá evoluir de uma proposta conceitual para uma ferramenta prática de apoio à decisão empreendedora e ao desenvolvimento econômico local.

Referências

[1] RUSSELL, S.; NORVIG, P.Artificial Intelligence: A Modern Approach. 4. ed. Pearson, 2021.

[2] HAN, J.; KAMBER, M.; PEI, J.Data Mining: Concepts and Techniques. 3. ed. Morgan Kaufmann, 2011.

[3] PROVOST, F.; FAWCETT, T.Data Science for Business. O'Reilly Media, 2013.

[4] BATTY, M.The New Science of Cities. MIT Press, 2013.

[5] RICCI, F.; ROKACH, L.; SHAPIRA, B.Recommender Systems Handbook. Springer, 2015.

LEITURAS COMPLEMENTARES INDICADAS PELA EDIÇÃO

Radar de Oportunidades Inteligente

As indicações abaixo foram localizadas em fontes primárias e se relacionam ao tema do projeto. Não são atribuídas como bibliografia utilizada pelos estudantes. Outras indicações herdadas da curadoria, ainda não verificadas, constam apenas do quadro separado; a pertinência e a eventual incorporação ao argumento exigem validação dos autores. Não constituem certificação dos resultados do projeto.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. **Artificial Intelligence Risk Management Framework, AI RMF 1.0**. Gaithersburg, 2023. DOI: 10.6028/NIST.AI.100-1.

E02

ARTIGO / PROJETO

ECONOMIA, EDUCAÇÃO E DECISÃO

Essenza: Simulador Empresarial Inteligente Baseado em Tomada de Decisão Estratégica e Inteligência Artificial

Beatriz Lancellotti Albanez Fernandes, Lucca Cappellano Paniagua e Laura Berti Pontes

DESTAQUE EDITORIAL

O usuário administra uma empresa fictícia e observa os efeitos de escolhas sobre produção, pessoas, marketing, logística e finanças em rodadas gamificadas.

DESCRITORES

simulação empresarial; empreendedorismo; gamificação; estratégia; aprendizagem

Identificação nesta versão: Beatriz Lancellotti Albanez Fernandes, Lucca Cappellano Paniagua e Laura Berti Pontes. *Essenza: Simulador Empresarial Inteligente Baseado em Tomada de Decisão Estratégica e Inteligência Artificial*. In: *Conexões Colégio FECAP: Smart City*. Versão para avaliação institucional, 2026, p. 239–247.

Síntese de leitura elaborada pela edição a partir do documento disponível. Funcionalidades descritas não são, por si, evidência de implementação ou desempenho validado. A autoria segue a relação fornecida; conferências e divergências constam do controle separado.

TRABALHO DISCENTE

Essenza: Simulador Empresarial Inteligente Baseado em Tomada de Decisão Estratégica e Inteligência Artificial

Beatriz Lancellotti Albanez Fernandes, Lucca Cappellano Paniagua e Laura Berti Pontes

Curso técnico de Inteligência Artificial, Colégio FECAP, São Paulo, Brasil

Nota editorial sobre a natureza do trabalho. Proposta de simulador empresarial educacional. Cenários de jogo e expectativas de aprendizagem não são medições de impacto pedagógico. As afirmações científicas permanecem sob responsabilidade dos autores; validações e pendências específicas constam do controle separado.

Resumo

O presente artigo apresenta o projeto Essenza, um simulador empresarial inteligente voltado à aprendizagem de conceitos de administração, empreendedorismo, finanças e tomada de decisão estratégica. A proposta foi inspirada em experiências de simulação empresarial, especialmente na antiga competição promovida pelo Sebrae em 2008, que utilizava ambientes simulados para aproximar estudantes de situações relacionadas à gestão de empresas. Contudo, o Essenza não tem como objetivo reproduzir a competição original, mas modernizar esse tipo de experiência por meio de tecnologias atuais, recursos de gamificação, interface visual interativa e, principalmente, inteligência artificial. No sistema proposto, o usuário assume o papel de gestor de uma empresa fictícia do setor de vestuário, responsável pela produção de roupas de moda casual. Ao longo das rodadas, o jogador distribui recursos financeiros entre áreas como matéria-prima, produção, funcionários, marketing, logística e desenvolvimento de coleção. A partir dessas decisões, o simulador calcula indicadores como lucro, prejuízo, vendas, participação de mercado, crescimento empresarial, satisfação dos funcionários, reputação da marca e nível de estoque. O principal elemento inovador do projeto é a utilização da inteligência artificial como agente de análise, aconselhamento estratégico e apoio pedagógico, capaz de interpretar dados da simulação, gerar recomendações personalizadas, produzir feedbacks educacionais e simular cenários alternativos. Esperase que o Essenza contribua para o desenvolvimento de habilidades estratégicas e para a compreensão prática das consequências de decisões empresariais, aproximando tecnologia, educação e empreendedorismo em uma experiência interativa e gamificada.

Palavras-chave: simulação empresarial; inteligência artificial; gamificação; empreendedorismo; aprendizagem baseada em jogos.

1 Introdução

A formação de estudantes e futuros profissionais exige, cada vez mais, metodologias que aproximem os conteúdos teóricos de situações práticas. No campo da administração e do empreendedorismo, compreender conceitos como investimento, custo, receita, estoque, marketing, produtividade e competitividade torna-se mais significativo quando o estudante consegue visualizar as consequências de suas escolhas em um ambiente dinâmico. Nesse sentido, simuladores empresariais representam uma alternativa educacional relevante, pois permitem a experimentação de decisões em cenários controlados, sem os riscos financeiros e operacionais presentes em uma empresa real. O projeto Essenza surge a partir dessa necessidade de unir aprendizagem prática, tomada de decisão estratégica e tecnologia. Sua concepção foi inspirada na antiga competição empresarial promovida pelo

Sebrae em 2008, iniciativa que utilizava simulações para ensinar conceitos de administração, empreendedorismo e gestão empresarial. Entretanto, o projeto não busca reproduzir a competição original. A proposta consiste em reinterpretar essa ideia sob uma perspectiva contemporânea, incorporando maior interatividade, elementos de gamificação, concorrentes virtuais, eventos dinâmicos de mercado e inteligência artificial aplicada ao processo de aprendizagem. O Essenza é planejado como um simulador empresarial no qual o usuário assume o papel de gestor de uma empresa do setor de vestuário, especificamente voltada à produção de roupas de moda casual. Ao receber um capital inicial, o jogador deve tomar decisões sobre a alocação de recursos financeiros em diferentes áreas estratégicas da organização, como matéria-prima, produção, funcionários, marketing, logística e desenvolvimento de coleção. Cada decisão afeta diretamente indicadores empresariais, como lucro, prejuízo, vendas, participação de mercado, crescimento, satisfação dos funcionários, reputação da marca e nível de estoque. A principal inovação científica e tecnológica do projeto está na aplicação da inteligência artificial como elemento central do sistema. Diferentemente de simuladores tradicionais, nos quais os resultados são apresentados apenas em forma de números ou rankings, o Essenza pretende utilizar IA para analisar os dados gerados em cada rodada, interpretar padrões de decisão, identificar riscos, sugerir estratégias e explicar ao usuário as possíveis causas de seu desempenho. Dessa forma, a IA atua como conselheira empresarial virtual e como mediadora pedagógica, transformando dados numéricos em orientações compreensíveis e contextualizadas. O objetivo geral do projeto é desenvolver um simulador empresarial inteligente capaz de auxiliar estudantes e usuários em geral na compreensão de conceitos de gestão, empreendedorismo e tomada de decisão estratégica por meio de uma experiência interativa e gamificada. Como objetivos específicos, pretende-se simular cenários empresariais realistas, estimular o raciocínio estratégico, demonstrar consequências de decisões administrativas, utilizar inteligência artificial para apoio educacional e integrar aprendizado e entretenimento em uma única plataforma. Este artigo apresenta a fundamentação teórica, a metodologia, o desenvolvimento previsto, a aplicação da inteligência artificial, a arquitetura proposta para o sistema de IA, os resultados esperados, a discussão e a conclusão do projeto, considerando seu estágio atual de desenvolvimento e seu potencial de aplicação em feira científica e tecnológica estudantil.

2 Fundamentação Teórica

A simulação empresarial é uma metodologia ativa de ensino que busca representar, de forma simplificada e controlada, situações encontradas no ambiente organizacional. Por meio dela, o estudante pode experimentar decisões, observar consequências, comparar estratégias e compreender relações entre variáveis administrativas. Em vez de apenas memorizar conceitos, o participante vivencia problemas semelhantes aos enfrentados por gestores, como limitação de recursos, concorrência, variação de demanda, controle de estoque e necessidade de investimento. No contexto educacional, as simulações favorecem a aprendizagem experiencial, pois aproximam teoria e prática. Quando o estudante toma decisões em um ambiente simulado, ele deixa de ocupar uma posição passiva e passa a atuar como agente responsável pelos resultados. Esse processo estimula habilidades como análise crítica, planejamento, resolução de problemas e interpretação de informações. Em áreas como administração de empresas e empreendedorismo, tais competências são essenciais para a formação de indivíduos capazes de compreender a complexidade do mercado. A gamificação, por sua vez, consiste na utilização de elementos típicos dos jogos em contextos que não são exclusivamente lúdicos. Entre esses elementos, destacam-se desafios, pontuação, evolução por rodadas, feedback imediato, competição, narrativas e recompensas. Quando aplicada à educação, a gamificação pode aumentar o engajamento dos estudantes, favorecer a motivação e tornar conteúdos complexos mais acessíveis. No Essenza, a gamificação está presente na estrutura de rodadas, na competição com empresas virtuais, na ocorrência de eventos inesperados, na apresentação de notícias de mercado e no acompanhamento dos indicadores de desempenho. Outro eixo teórico relevante é o empreendedorismo. Empreender envolve identificar oportunidades, planejar ações, administrar recursos, lidar com riscos e inovar diante de cenários incertos. A educação empreendedora busca desenvolver essas capacidades por meio de atividades que incentivem autonomia, criatividade, planejamento financeiro e visão estratégica. Um simulador empresarial pode contribuir para esse processo ao permitir que o usuário experimente decisões sem comprometer recursos reais, compreendendo de forma prática como fatores internos e externos influenciam o desempenho de uma organização. A aprendizagem baseada em jogos também fundamenta o projeto. Essa abordagem utiliza

jogos ou ambientes inspirados em jogos para desenvolver conhecimentos e habilidades. Em um simulador como o Essenza, o aprendizado ocorre pela interação entre regras, objetivos, feedbacks e consequências. O usuário aprende não apenas ao acertar, mas também ao cometer erros, avaliar prejuízos, ajustar estratégias e compreender as relações entre suas escolhas e os resultados obtidos. Por fim, a inteligência artificial aplicada à educação constitui o principal fundamento tecnológico do projeto. Sistemas baseados em IA podem personalizar a experiência de aprendizagem, analisar dados de desempenho, gerar recomendações, adaptar conteúdos e fornecer feedbacks contextualizados. No caso do Essenza, a IA não é apenas um recurso adicional, mas o elemento responsável por transformar a simulação em uma experiência inteligente. Sua função é interpretar as decisões do jogador, explicar os impactos observados, sugerir caminhos alternativos e apoiar a construção de conhecimento sobre gestão empresarial.

3 Metodologia

A metodologia do projeto Essenza caracteriza-se como aplicada, exploratória e tecnológica, pois busca desenvolver uma solução digital com finalidade educacional e potencial de uso prático. O trabalho encontra-se em fase de desenvolvimento, sendo estruturado em etapas que envolvem pesquisa, planejamento, modelagem do simulador, definição de regras, construção da interface e integração de recursos de inteligência artificial. Inicialmente, foi realizado o planejamento conceitual do projeto. Nessa etapa, a equipe identificou a necessidade de criar uma ferramenta capaz de ensinar conceitos empresariais de maneira prática, interativa e acessível. A inspiração inicial partiu da competição empresarial promovida pelo Sebrae em 2008, que demonstrou o potencial de simulações como estratégia para introduzir estudantes ao universo da gestão e do empreendedorismo. A partir dessa referência, definiu-se que o Essenza deveria preservar a ideia de tomada de decisão empresarial, mas atualizar sua proposta por meio de tecnologias contemporâneas. Em seguida, realizou-se o levantamento de referências relacionadas à simulação empresarial, gamificação, inteligência artificial aplicada à educação, empreendedorismo, aprendizagem baseada em jogos e administração de empresas. Essas áreas orientam a construção teórica do projeto e sustentam as escolhas metodológicas adotadas. Também se prevê a ampliação da revisão bibliográfica com obras acadêmicas, artigos científicos e documentos institucionais, de modo a fortalecer a fundamentação do artigo e do sistema. A etapa seguinte consistiu na definição do escopo. Optou-se por desenvolver um simulador voltado ao setor de vestuário, por ser um segmento de fácil compreensão para o público estudantil e, ao mesmo tempo, suficientemente complexo para envolver decisões sobre produção, moda, marketing, logística, estoque e reputação da marca. A empresa fictícia administrada pelo usuário produzirá roupas de moda casual e iniciará a simulação com determinado capital, que deverá ser distribuído estrategicamente entre as áreas da organização. Após a escolha do setor, iniciou-se a construção do modelo de negócio fictício. Foram definidos os principais departamentos da empresa, os recursos a serem administrados, os indicadores de desempenho e os fatores de influência do mercado. O modelo considera que cada decisão tomada pelo jogador altera variáveis internas da empresa e interfere em sua posição competitiva diante de concorrentes virtuais. Assim, o simulador busca representar a interdependência entre setores empresariais, demonstrando que decisões isoladas podem produzir impactos positivos ou negativos em diferentes áreas. O desenvolvimento das regras do simulador constitui uma etapa central da metodologia.

As regras deverão determinar como os investimentos em matéria-prima, produção, funcionários, marketing, logística e desenvolvimento de coleção influenciam os resultados da empresa. Por exemplo, baixos investimentos em matéria-prima podem limitar a produção; investimentos insuficientes em funcionários podem reduzir a produtividade ou a satisfação interna; gastos elevados em marketing podem aumentar vendas, mas comprometer o caixa; e falhas logísticas podem gerar atrasos ou perda de reputação. Também está prevista a estruturação de eventos dinâmicos, divididos em externos e internos. Os eventos externos incluem crises econômicas, inflação, aumento do preço do algodão, problemas logísticos, mudanças de tendência da moda, influenciadores promovendo a marca e propostas de parceria comercial. Os eventos internos incluem greves de funcionários, defeitos de fabricação, excesso de estoque, sucesso de novas coleções e falhas em campanhas de marketing. Esses eventos serão gerados ao longo da simulação para aumentar o realismo e exigir adaptação estratégica do jogador. Outra etapa metodológica corresponde à implementação dos indicadores empresariais. O sistema deverá calcular lucro, prejuízo, vendas, participação de mercado, crescimento empresarial, satisfação dos

funcionários, reputação da marca e nível de estoque. Esses indicadores funcionarão como base para a avaliação do desempenho do usuário e para a atuação da inteligência artificial. A cada rodada, os dados produzidos serão armazenados para análise histórica e comparação entre decisões, resultados e cenários. A integração da inteligência artificial será conduzida de forma progressiva. Primeiramente, serão definidos os dados que a IA receberá da simulação, como decisões tomadas, valores investidos, indicadores obtidos e eventos ocorridos. Em seguida, serão planejadas regras de interpretação, mecanismos de identificação de padrões e formas de geração de recomendações. Modelos de linguagem poderão ser utilizados para converter os dados numéricos em análises textuais acessíveis, permitindo que o usuário compreenda não apenas o resultado, mas também os motivos que levaram a ele. Por fim, será desenvolvido o protótipo da interface. A proposta inclui painéis de gestão, gráficos de desempenho, indicadores financeiros, notícias de mercado e relatórios empresariais. Tecnologias como Python, Streamlit, bancos de dados, processamento de linguagem natural, inteligência artificial generativa, modelos de linguagem e APIs de IA poderão ser utilizadas na construção do sistema. Ao final da simulação, o usuário deverá receber um jornal digital personalizado relatando o desfecho da empresa, seguido de um relatório completo de desempenho.

4 Desenvolvimento do Projeto

O desenvolvimento do Essenza está organizado em módulos interdependentes, de modo que cada parte do sistema contribua para a experiência geral de simulação e aprendizagem. O primeiro módulo corresponde ao ambiente empresarial fictício. Nele, o usuário recebe informações iniciais sobre sua empresa, seu capital disponível, o setor de atuação e os objetivos gerais da simulação. A empresa será apresentada como uma marca de roupas casuais, inserida em um mercado competitivo e sujeita a variações de demanda, custos e reputação. O segundo módulo corresponde à tomada de decisão. Em cada rodada, o jogador deverá distribuir recursos entre áreas estratégicas. O investimento em matéria-prima influenciará a capacidade de fabricação e a disponibilidade de produtos. O investimento em produção afetará o volume produzido e a eficiência operacional. A área de funcionários estará relacionada à produtividade, à satisfação interna e à possibilidade de problemas trabalhistas. O marketing influenciará a visibilidade da marca, a atração de clientes e as vendas. A logística afetará prazos, distribuição e disponibilidade dos produtos no mercado. O desenvolvimento de coleção permitirá acompanhar tendências de moda e diferenciar a empresa diante dos concorrentes. O terceiro módulo envolve os concorrentes virtuais. Para tornar a experiência mais próxima do mercado real, o simulador contará com empresas concorrentes que também tomarão decisões ao longo das rodadas. Esses concorrentes poderão variar em estratégia, preço, reputação, capacidade produtiva e investimento em marketing. A presença de concorrentes é importante porque demonstra que o desempenho de uma empresa não depende apenas de suas decisões internas, mas também das ações de outros agentes do mercado. O quarto módulo é composto pelos eventos dinâmicos. Esses eventos funcionarão como fatores de imprevisibilidade, exigindo que o usuário adapte suas estratégias. Uma crise econômica, por exemplo, poderá reduzir a demanda geral por roupas; a inflação poderá elevar custos de produção; o aumento do preço do algodão poderá afetar diretamente a matéria-prima; uma mudança de tendência da moda poderá favorecer empresas que investiram em desenvolvimento de coleção; e a divulgação feita por um influenciador poderá elevar temporariamente a reputação da marca. Eventos internos, como greves ou defeitos de fabricação, poderão demonstrar a importância da gestão de pessoas, qualidade e planejamento operacional. O quinto módulo corresponde ao cálculo dos indicadores empresariais. Após cada rodada, o sistema processará as decisões do jogador, os eventos ocorridos e as ações dos concorrentes para gerar resultados. Os indicadores deverão ser apresentados em painéis visuais e relatórios textuais. O lucro será calculado considerando receitas e custos; o prejuízo será identificado quando os gastos superarem os ganhos; as vendas dependerão de fatores como produção, marketing, reputação e demanda; a participação de mercado será calculada em relação aos concorrentes; o crescimento empresarial indicará evolução ao longo das rodadas; a satisfação dos funcionários refletirá condições internas; a reputação da marca será influenciada por qualidade, marketing, logística e eventos; e o nível de estoque demonstrará equilíbrio ou desequilíbrio entre produção e vendas. O sexto módulo é a interface com o usuário. O sistema deverá apresentar uma experiência visual clara, organizada e intuitiva. Painéis de gestão permitirão acompanhar recursos disponíveis e áreas de investimento. Gráficos de desempenho mostrarão a evolução dos indicadores. Notícias de mercado informarão eventos externos

e internos. Relatórios empresariais explicarão resultados e tendências. Ao final, o jornal digital personalizado funcionará como síntese narrativa do desempenho da empresa, tornando o encerramento da simulação mais envolvente.

4.1 Aplicação da Inteligência Artificial no Projeto

A inteligência artificial é o principal elemento inovador do Essenza, pois transforma o simulador de uma ferramenta meramente calculadora em um ambiente inteligente de aprendizagem. O problema que a IA busca resolver é a dificuldade que muitos estudantes apresentam ao interpretar dados empresariais e relacionar decisões administrativas com seus efeitos práticos. Em simuladores tradicionais, o usuário pode receber informações como lucro, prejuízo ou estoque, mas nem sempre compreende por que aqueles resultados ocorreram ou quais alternativas poderiam ter sido adotadas. A IA atua exatamente nesse ponto, oferecendo análise, explicação, aconselhamento e personalização. Durante a simulação, a IA auxiliará o usuário após cada rodada. Com base nos investimentos realizados, nos eventos ocorridos, nos indicadores gerados e no comportamento dos concorrentes, o sistema produzirá uma análise estratégica do desempenho da empresa. Essa análise poderá indicar, por exemplo, que a queda nas vendas foi causada por baixo investimento em marketing combinado com mudança de tendência da moda, ou que o excesso de estoque ocorreu porque a produção foi elevada sem demanda suficiente. Dessa maneira, a IA ajuda o jogador a compreender relações de causa e consequência. A interpretação dos dados será realizada a partir do histórico de decisões e resultados. Cada rodada fornecerá dados estruturados, como valores investidos, quantidade produzida, volume vendido, lucro, estoque, satisfação dos funcionários e participação de mercado. A IA poderá comparar esses dados com rodadas anteriores, identificar padrões de crescimento ou queda, reconhecer decisões recorrentes e apontar pontos fortes e fracos da estratégia adotada. Se o usuário investir repetidamente pouco em logística e a reputação cair, por exemplo, a IA poderá identificar esse padrão e alertar sobre seus impactos. Na análise dos indicadores empresariais, a IA deverá considerar que cada métrica possui significado próprio e relação com outras variáveis. O lucro indica a diferença entre receitas e custos, mas deve ser interpretado juntamente com vendas, estoque e investimento. As vendas demonstram aceitação do mercado, mas podem ser limitadas pela produção ou pela logística. O estoque revela equilíbrio entre oferta e demanda, podendo indicar falta de produtos ou excesso de produção. A participação de mercado mostra a posição da empresa em relação aos concorrentes. A satisfação dos funcionários sinaliza condições internas que podem afetar produtividade e estabilidade. Assim, a IA não deverá analisar indicadores de forma isolada, mas integrada. As recomendações estratégicas personalizadas serão geradas a partir dessa interpretação. O sistema poderá sugerir aumento moderado em marketing quando a marca tiver baixa visibilidade, reforço em logística quando houver perda de reputação por atrasos, redução temporária de produção quando o estoque estiver elevado, investimento em funcionários quando a satisfação interna estiver baixa ou ampliação do desenvolvimento de coleção quando houver mudança de tendência da moda. Essas recomendações deverão ser apresentadas em linguagem acessível, com justificativa clara e relação direta com os dados do usuário. Além das recomendações, a IA produzirá feedbacks educacionais. Esses feedbacks terão a função de explicar conceitos de gestão e empreendedorismo a partir das situações vivenciadas no jogo. Se o usuário apresentar prejuízo, a IA poderá explicar a relação entre custos fixos, custos variáveis e receita. Se houver excesso de estoque, poderá abordar planejamento de demanda. Se a participação de mercado diminuir, poderá discutir competitividade, diferenciação e posicionamento. Assim, o aprendizado ocorre de forma contextualizada, pois cada explicação parte da experiência concreta do jogador. Outro recurso previsto é a simulação de cenários alternativos, também conhecidos como análises do tipo “o que aconteceria se”. A IA poderá comparar a decisão tomada pelo usuário com uma decisão hipotética. Por exemplo, caso o jogador tenha investido pouco em marketing e obtido baixo volume de vendas, o sistema poderá estimar como os resultados poderiam mudar se parte do capital tivesse sido direcionada para divulgação. Esse recurso não pretende oferecer respostas absolutas, mas estimular o raciocínio estratégico e demonstrar que diferentes escolhas produzem diferentes consequências. Modelos de linguagem, conhecidos como LLMs, poderão desempenhar papel fundamental na transformação de dados numéricos em análises compreensíveis. Enquanto o motor matemático do simulador calcula os resultados, o modelo de linguagem poderá receber um resumo estruturado da rodada e gerar explicações em linguagem natural. Por exemplo, dados como “lucro reduzido”, “estoque alto” e “baixo investimento em marketing” podem ser

convertidos em uma análise textual que explique o problema, indique possíveis causas e sugira uma estratégia para a rodada seguinte. Dessa forma, os LLMs tornam a experiência mais acessível, especialmente para usuários iniciantes. A IA também contribuirá para a geração automática de notícias e do jornal final da empresa. A partir dos resultados de cada rodada, o sistema poderá criar manchetes simuladas sobre o desempenho da marca, mudanças do mercado, reação dos consumidores e posição diante dos concorrentes. Ao final da simulação, a IA poderá produzir um jornal digital personalizado, narrando a trajetória da empresa, suas principais decisões, seus momentos de crise, suas conquistas e seu resultado final. Esse recurso une análise empresarial, narrativa e gamificação, aumentando o engajamento do usuário. Portanto, a IA contribui diretamente para o aprendizado de conceitos de empreendedorismo e gestão empresarial ao personalizar a experiência, explicar resultados, sugerir melhorias e estimular a reflexão. Em vez de apenas informar se o jogador teve lucro ou prejuízo, o sistema busca responder por que isso ocorreu, o que poderia ter sido diferente e quais conceitos administrativos estão envolvidos. Essa característica diferencia o Essenza de simuladores convencionais e sustenta sua relevância científica e tecnológica.

4.2 Arquitetura Proposta para o Sistema de IA

A arquitetura proposta para o sistema de inteligência artificial do Essenza é organizada em sete etapas principais: coleta de dados da simulação, processamento dos dados empresariais, identificação de padrões, geração de análises, produção de recomendações, construção de relatórios personalizados e geração automática de notícias e do jornal final da empresa. A primeira etapa consiste na coleta de dados da simulação. A cada rodada, o sistema registrará as decisões do jogador, incluindo os valores destinados a matéria-prima, produção, funcionários, marketing, logística e desenvolvimento de coleção. Também serão coletados os eventos dinâmicos ocorridos, as ações dos concorrentes virtuais e os indicadores calculados após o processamento da rodada. Esses dados formarão a base histórica da empresa do usuário. A segunda etapa corresponde ao processamento dos dados empresariais. Nessa fase, o sistema organizará as informações em estruturas adequadas para análise. Poderão ser utilizadas tabelas, bancos de dados relacionais ou arquivos estruturados para armazenar rodadas, decisões, indicadores e relatórios. Python poderá ser utilizado como linguagem principal para o cálculo das regras do simulador, manipulação dos dados e integração com bibliotecas de análise. Bancos de dados poderão registrar o histórico de cada partida, permitindo que a IA compare a evolução do desempenho ao longo do tempo. A terceira etapa é a identificação de padrões. O sistema buscará reconhecer relações recorrentes entre decisões e resultados, como queda de vendas após baixo investimento em marketing, redução da satisfação dos funcionários após corte de recursos internos, perda de reputação após problemas logísticos ou aumento de estoque após produção acima da demanda. Inicialmente, essa identificação poderá combinar regras definidas pela equipe com análises estatísticas simples. Em fases posteriores, poderão ser incorporadas técnicas mais avançadas de aprendizado de máquina, conforme a quantidade de dados disponíveis aumentar. A quarta etapa envolve a geração de análises. Após identificar padrões, a IA deverá produzir interpretações sobre o desempenho da empresa. Essas análises deverão considerar os indicadores de forma integrada, evitando conclusões superficiais. Por exemplo, um lucro alto em uma rodada pode parecer positivo, mas, se acompanhado de queda na satisfação dos funcionários e baixo investimento em desenvolvimento de coleção, pode indicar risco para rodadas futuras. Assim, a IA deverá avaliar resultados imediatos e possíveis impactos de longo prazo. A quinta etapa corresponde à produção de recomendações. As recomendações serão personalizadas de acordo com o histórico do usuário, os indicadores atuais e os objetivos da simulação. O sistema poderá classificar prioridades, alertar sobre riscos e sugerir estratégias de curto e médio prazo. Essas recomendações não substituirão a decisão do jogador, mas servirão como orientação para que ele compreenda melhor suas opções. O usuário continuará sendo responsável por escolher os investimentos da rodada seguinte, preservando o caráter educacional da tomada de decisão. A sexta etapa é a construção de relatórios personalizados. Após cada rodada, a IA poderá gerar um relatório com resumo das decisões, principais resultados, pontos positivos, pontos de atenção e sugestões. Esses relatórios deverão utilizar linguagem formal, clara e adequada ao público estudantil. O processamento de linguagem natural poderá ser empregado para organizar os textos, adaptar o nível de explicação e transformar dados quantitativos em mensagens compreensíveis. A sétima etapa consiste na geração automática de notícias e do jornal final da empresa. A inteligência artificial generativa e os modelos de linguagem poderão criar textos narrativos

baseados nos dados reais da simulação. Durante o jogo, pequenas notícias de mercado poderão informar eventos e impactos. Ao final, o jornal digital personalizado apresentará a trajetória da empresa, destacando crescimento, crises, decisões marcantes, desempenho diante dos concorrentes e resultado geral. Esse jornal funcionará simultaneamente como recurso de gamificação e instrumento de avaliação reflexiva. Do ponto de vista tecnológico, a arquitetura poderá ser implementada com Python como linguagem principal, Streamlit para criação da interface visual, bibliotecas de análise de dados para processamento dos indicadores, banco de dados para armazenamento das rodadas, recursos de processamento de linguagem natural para interpretação textual e APIs de inteligência artificial ou modelos de linguagem para geração de análises e relatórios. A integração desses componentes permitirá que o Essenza funcione como um ambiente interativo, educativo e inteligente.

5 Resultados Esperados

Espera-se que o desenvolvimento do Essenza resulte em um simulador empresarial capaz de promover maior engajamento dos usuários em atividades relacionadas à administração e ao empreendedorismo. Por utilizar elementos de jogo, competição, narrativa e interação visual, o sistema tende a tornar o aprendizado mais dinâmico e atrativo, especialmente para estudantes que possuem pouco contato prévio com conceitos empresariais. Outro resultado esperado é a aprendizagem prática de conceitos de gestão. Ao tomar decisões e observar seus impactos, o usuário poderá compreender de forma concreta temas como investimento, custo, receita, lucro, prejuízo, estoque, produtividade, marketing, logística e participação de mercado. Em vez de estudar esses conteúdos apenas de maneira abstrata, o participante poderá experimentá-los em um ambiente simulado. Também se espera que o projeto contribua para a compreensão das consequências de decisões financeiras. A limitação de capital obrigará o usuário a estabelecer prioridades, avaliar riscos e lidar com escolhas estratégicas. O sistema deverá demonstrar que decisões desequilibradas podem gerar prejuízos, excesso de estoque, perda de reputação ou queda na satisfação dos funcionários, enquanto decisões planejadas podem favorecer crescimento e competitividade. O desenvolvimento de habilidades estratégicas constitui outro resultado relevante. O Essenza deverá estimular planejamento, análise de dados, adaptação a cenários imprevistos, interpretação de indicadores e comparação entre alternativas. A presença de concorrentes virtuais e eventos dinâmicos ampliará a complexidade da experiência, incentivando o usuário a pensar de forma sistêmica. Espera-se, ainda, que a inteligência artificial potencialize a aprendizagem ao oferecer feedbacks personalizados. A IA deverá ajudar o usuário a compreender os motivos de seu desempenho, identificar padrões de decisão, receber recomendações e refletir sobre cenários alternativos. Com isso, o sistema poderá aproximar tecnologia, educação e empreendedorismo, demonstrando como a IA pode ser aplicada de maneira significativa em projetos educacionais.

6 Discussão

O Essenza apresenta relevância por unir três dimensões importantes: educação empreendedora, simulação empresarial e inteligência artificial. A combinação desses elementos permite criar uma experiência de aprendizagem mais próxima dos desafios reais enfrentados por gestores. Em vez de apenas apresentar conceitos administrativos, o sistema coloca o usuário diante de decisões, restrições, riscos e consequências. A presença da IA amplia significativamente o potencial pedagógico do projeto. Em muitos ambientes educacionais, os estudantes recebem resultados, mas não recebem explicações suficientemente individualizadas sobre seus erros e acertos. No Essenza, a inteligência artificial poderá atuar como mediadora entre os dados do simulador e o entendimento do usuário. Isso significa que o sistema não apenas calcula indicadores, mas interpreta esses indicadores e transforma informações complexas em orientações compreensíveis. Essa personalização representa uma contribuição importante para o ensino de empreendedorismo. Cada jogador poderá seguir uma trajetória diferente, tomar decisões distintas, enfrentar eventos específicos e obter resultados próprios. A IA permitirá que o feedback acompanhe essa trajetória individual, evitando explicações genéricas. Assim, dois usuários que apresentem prejuízo podem receber análises diferentes, dependendo das causas identificadas: excesso de custos, baixa demanda, falha logística, baixa reputação ou investimento inadequado. Outro ponto de discussão refere-se ao papel dos modelos de linguagem. Ao transformar dados numéricos em análises textuais, os LLMs podem tornar o sistema mais acessível e formativo. No entanto, é necessário que sua utilização seja planejada

com cuidado, garantindo que as recomendações sejam coerentes com as regras do simulador e com os dados efetivamente gerados. Por isso, a arquitetura proposta prevê que o motor de cálculo produza dados estruturados e que a IA utilize essas informações como base, reduzindo o risco de respostas desconectadas da simulação. O projeto também contribui para demonstrar que a inteligência artificial pode ser utilizada na educação de forma ativa e contextualizada. Em vez de substituir o processo de aprendizagem, a IA atua como apoio, incentivando o estudante a refletir, comparar alternativas e tomar novas decisões. O usuário permanece como protagonista, enquanto o sistema oferece instrumentos para que suas escolhas sejam mais conscientes.

Entretanto, alguns desafios devem ser considerados durante o desenvolvimento. Será necessário equilibrar realismo e simplicidade, para que o simulador seja educativo sem se tornar excessivamente complexo. Também será importante definir regras transparentes, criar indicadores coerentes, testar a clareza da interface e avaliar se os feedbacks da IA realmente contribuem para a aprendizagem. Além disso, a geração automática de textos deverá ser acompanhada de critérios de qualidade, objetividade e adequação ao público-alvo. Apesar desses desafios, o Essenza possui potencial para ser apresentado em feira científica e tecnológica estudantil por propor uma solução aplicada, interdisciplinar e inovadora. O projeto dialoga com administração, tecnologia, educação, empreendedorismo, design de jogos e inteligência artificial, demonstrando como diferentes áreas podem ser integradas para resolver problemas de aprendizagem.

7 Conclusão

O projeto Essenza propõe o desenvolvimento de um simulador empresarial inteligente voltado à aprendizagem de gestão, empreendedorismo e tomada de decisão estratégica. Inspirado em experiências anteriores de simulação empresarial, como a competição promovida pelo Sebrae em 2008, o projeto busca modernizar essa abordagem por meio de recursos atuais, interface interativa, gamificação, concorrentes virtuais, eventos dinâmicos e inteligência artificial. Ao permitir que o usuário administre uma empresa fictícia do setor de vestuário, o sistema oferece uma experiência prática na qual decisões sobre matéria-prima, produção, funcionários, marketing, logística e desenvolvimento de coleção geram impactos sobre indicadores empresariais. Essa dinâmica favorece a compreensão das relações entre escolhas administrativas e resultados organizacionais, contribuindo para o desenvolvimento de habilidades analíticas e estratégicas. A inteligência artificial constitui o eixo central da inovação proposta. Sua função não se limita a complementar o simulador, mas a transformar a experiência em um ambiente inteligente de aprendizagem. Por meio da análise de dados, identificação de padrões, geração de recomendações, produção de feedbacks educacionais, simulação de cenários alternativos e criação de relatórios personalizados, a IA poderá ajudar o usuário a compreender os motivos de seu desempenho e a refletir sobre suas decisões. Conclui-se que o Essenza possui potencial para aproximar tecnologia, educação e empreendedorismo, oferecendo uma ferramenta acessível e interativa para o ensino de conceitos empresariais. Em sua fase de desenvolvimento, o projeto demonstra relevância científica e educacional por explorar o uso da inteligência artificial como agente de aconselhamento estratégico e personalização da aprendizagem. Espera-se que, com a continuidade da implementação e dos testes, o simulador contribua para tornar o ensino de administração mais prático, envolvente e conectado às demandas tecnológicas contemporâneas.

8 Referências Bibliográficas

ALVES, Flora.Gamification: como criar experiências de aprendizagem engajadoras. São Paulo: DVS Editora, 2015. BRASIL. Ministério da Educação.Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, 2018. Disponível em:https://basenacionalcomum.mec.gov.br/. Acesso em: 2 jun. 2026. CHIAVENATO, Idalberto.Introdução à teoria geral da administração. 9. ed. Barueri: Manole, 2014. DETERDING, Sebastian; DIXON, Dan; KHALED, Rilla; NACKE, Lennart. From game design elements to gamefulness: defining gamification. In:Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference. New York: ACM, 2011. p. 9–15. DOLABELA, Fernando.O segredo de Luísa. Rio de Janeiro: Sextante, 2008. KAPP, Karl M.The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education. San Francisco: Pfeiffer, 2012. KOLB, David A.Experiential learning: experience as the source of learning and development. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1984. LAUDON, Kenneth C.; LAUDON, Jane P.Sistemas de informação gerenciais. 11. ed. São

Paulo: Pearson, 2014. RUSSELL, Stuart; NORVIG, Peter. Artificial intelligence: a modern approach. 4. ed. Hoboken: Pearson, 2021. SEBRAE.Educação empreendedora. Brasília: Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, 2024. Disponível em:https://sebrae.com.br/. Acesso em: 2 jun. 2026. SEBRAE.Jogos empresariais e educação empreendedora: iniciativas de simulação empresarial. Brasília: Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, 2008. VALENTE, José Armando. A comunicação e a educação baseada no uso das tecnologias digitais de informação e comunicação.Revista UNIFESO: Humanas e Sociais, Teresópolis, v. 1, n. 1, p. 141–166, 2014. WERBACH, Kevin; HUNTER, Dan.For the win: how game thinking can revolutionize your business. Philadelphia: Wharton Digital Press, 2012. ZICHERMANN, Gabe; CUNNINGHAM, Christopher.Gamification by design: implementing game mechanics in web and mobile apps. Sebastopol: O'Reilly Media, 2011.

LEITURAS COMPLEMENTARES INDICADAS PELA EDIÇÃO

Essenza

As indicações abaixo foram localizadas em fontes primárias e se relacionam ao tema do projeto. Não são atribuídas como bibliografia utilizada pelos estudantes. Outras indicações herdadas da curadoria, ainda não verificadas, constam apenas do quadro separado; a pertinência e a eventual incorporação ao argumento exigem validação dos autores. Não constituem certificação dos resultados do projeto.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. **Artificial Intelligence Risk Management Framework, AI RMF 1.0**. Gaithersburg, 2023. DOI: 10.6028/NIST.AI.100-1.

E03

ARTIGO / PROJETO

ECONOMIA, EDUCAÇÃO E DECISÃO

MarketPulse Local: Plataforma de Inteligência de Mercado para Fortalecimento do Comércio Local

Dilan Hideki Nakashima Schmidt, Murilo Giubertoni Braga Santos e Guilherme Fernandes Peschiera

DESTAQUE EDITORIAL

A intenção de compra dos consumidores e a oferta dos estabelecimentos são transformadas em recomendações para estoque, preço, mix de produtos e campanhas.

DESCRITORES

inteligência de mercado; comércio local; recomendação; estoque; consumidores

Identificação nesta versão: Dilan Hideki Nakashima Schmidt, Murilo Giubertoni Braga Santos e Guilherme Fernandes Peschiera. *MarketPulse Local: Plataforma de Inteligência de Mercado para Fortalecimento do Comércio Local*. In: *Conexões Colégio FECAP: Smart City*. Versão para avaliação institucional, 2026, p. 250–259.

Síntese de leitura elaborada pela edição a partir do documento disponível. Funcionalidades descritas não são, por si, evidência de implementação ou desempenho validado. A autoria segue a relação fornecida; conferências e divergências constam do controle separado.

TRABALHO DISCENTE

MarketPulse Local: Plataforma de Inteligência de Mercado para Fortalecimento do Comércio Local

Dilan Hideki Nakashima Schmidt, Murilo Giubertoni Braga Santos e Guilherme Fernandes Peschiera

Curso técnico de Inteligência Artificial, Colégio FECAP, São Paulo, Brasil

Nota editorial sobre a natureza do trabalho. Documento de requisitos de produto. Integrações, metas de disponibilidade e cronograma são especificações, não implantação confirmada. As afirmações científicas permanecem sob responsabilidade dos autores; validações e pendências específicas constam do controle separado.

1 Resumo Executivo

OMarketPulse Localé uma plataforma de inteligência de mercado voltada para pequenos e médios comerciantes que desejam tomar decisões melhores sobre estoque, preços, mix de produtos, campanhas e oportunidades comerciais. A proposta central é conectar a intenção real de compra dos consumidores locais à oferta dos estabelecimentos da região, usando questionários inteligentes, busca de produtos, dados de navegação, cadastro de produtos e modelos de Inteligência Artificial para transformar dados dispersos em insights acionáveis.

O produto atende simultaneamente dois públicos: consumidores que querem encontrar produtos próximos, economizar tempo e descobrir ofertas locais; e comerciantes que precisam compreender tendências, reduzir perdas por estoque mal dimensionado e competir com grandes redes e marketplaces. O MVP deve validar a existência de demanda, gerar uma base inicial de dados regional e entregar aos comerciantes um dashboard simples com produtos mais pesquisados, categorias em crescimento e recomendações iniciais.

Objetivo principal do PRD:definir visão, escopo, requisitos funcionais, requisitos não funcionais, fluxo de dados, arquitetura, métricas, roadmap, riscos e critérios de sucesso para orientar o desenvolvimento e a validação do MarketPulse Local.

2 Visão do Produto

2.1 Nome Temporário

MarketPulse Local

2.2 Missão

Democratizar o acesso à inteligência de mercado para pequenos e médios comerciantes por meio de Inteligência Artificial, conectando a demanda real dos consumidores à oferta disponível no comércio local.

2.3 Visão de Longo Prazo

Tornar-se a principal plataforma de inteligência comercial regional, permitindo que qualquer comerciante, independentemente do porte, tenha acesso a dados, previsões e recomendações comparáveis às ferramentas utilizadas por grandes varejistas.

2.4 Proposta de Valor

- Para consumidores: encontrar produtos próximos, descobrir ofertas locais e reduzir o tempo gasto pesquisando em múltiplos canais.
- Para comerciantes: acessar dados de intenção de compra, identificar tendências locais e melhorar decisões de estoque, compra e promoção.
- Para entidades regionais: compreender padrões agregados de consumo, fortalecendo políticas comerciais, campanhas e iniciativas de desenvolvimento econômico.

3 Contexto e Problema

3.1 Problemas dos Comerciantes

Pequenos e médios negócios geralmente operam com pouca ou nenhuma inteligência de mercado estruturada. Suas decisões são frequentemente baseadas em experiência própria, percepção informal dos clientes ou observação da concorrência. Isso gera limitações importantes:

- Falta de dados sobre o que consumidores desejam comprar em uma região específica.
- Dificuldade em prever tendências de produtos, categorias e sazonalidade.
- Estoques mal dimensionados, com excesso de itens de baixa saída e falta de produtos procurados.
- Baixa visibilidade digital frente a grandes redes, marketplaces e aplicativos de entrega.
- Ausência de ferramentas acessíveis de análise, previsão e recomendação.
- Baixa capacidade de mensurar retorno sobre promoções e campanhas locais.

3.2 Problemas dos Consumidores

Consumidores locais também sofrem com a fragmentação da informação comercial. Muitas vezes não sabem onde encontrar produtos próximos, se uma loja possui determinado item ou quais estabelecimentos oferecem melhores condições.

- Dificuldade para encontrar produtos disponíveis localmente.
- Perda de tempo pesquisando em redes sociais, buscadores, mapas e marketplaces.
- Dependência crescente de grandes marketplaces, mesmo quando há oferta local.
- Falta de informações sobre preço, disponibilidade, distância e alternativas próximas.
- Baixa descoberta de novos estabelecimentos no próprio bairro ou cidade.

3.3 Oportunidade

Existe uma oportunidade clara de criar uma camada regional de inteligência comercial, reunindo dados de intenção de compra, inventário declarado, buscas, respostas a questionários e tendências públicas. Essa base pode gerar valor para comerciantes, consumidores, associações comerciais e governos locais.

4 Objetivos do Produto

4.1 Objetivos de Negócio

- Aumentar a visibilidade digital do comércio local.
- Criar uma base de dados regional sobre comportamento e intenção de consumo.
- Gerar inteligência de mercado escalável para pequenos e médios negócios.
- Criar novas fontes de receita por meio de assinaturas, destaques patrocinados e relatórios agregados.
- Reduzir a assimetria de informação entre pequenos comerciantes e grandes varejistas.
- Viabilizar expansão para múltiplas cidades com baixo custo operacional incremental.

4.2 Objetivos dos Usuários

Consumidores:

- Encontrar produtos próximos de forma rápida.
- Descobrir ofertas, lojas e alternativas locais.
- Receber recomendações relevantes com base em localização, interesses e histórico.
- Economizar tempo na busca por produtos cotidianos ou específicos.

Comerciantes:

- Entender tendências de procura por produtos e categorias.
- Melhorar decisões de compra e reposição de estoque.
- Reduzir perdas causadas por estoque parado ou falta de produtos demandados.
- Aumentar vendas por meio de maior visibilidade e recomendações baseadas em dados.
- Identificar oportunidades de novos produtos, serviços e campanhas.

5 Público-Alvo

5.1 Público Primário

Pequenos e médios comerciantes que atuam em bairros, cidades pequenas, médias cidades e regiões metropolitanas. Segmentos iniciais sugeridos:

- Mercados e mercearias •Lojas de roupas
- Lojas de eletrônicos •Lojas de informática
- Papelarias •Materiais de construção
- Farmácias •Cosméticos e perfumarias
- Pet shops •Autopeças e acessórios

5.2 Público Secundário

Consumidores locais interessados em comprar próximo de casa, encontrar melhores ofertas e descobrir novos estabelecimentos. Esse público é essencial para gerar dados de intenção, volume de buscas e sinais de demanda.

5.3 Personas

Tabela 1: Personas e necessidades

Persona	Necessidades	Como o produto ajuda
Comerciante de bairro	Saber quais produtos comprar, evitar estoque parado e atrair clientes próximos.	Dashboard com tendências locais, produtos buscados e recomendações de estoque.
Gerente de loja especializada	Identificar marcas, categorias e produtos emergentes em sua região.	Relatórios segmentados por bairro, categoria e evolução temporal.
Consumidor prático	Encontrar rapidamente onde comprar um produto perto de casa.	Busca por produto, loja, distância, categoria e disponibilidade.
Associação comercial	Entender demandas regionais e apoiar comerciantes locais.	Relatórios agregados e indicadores de comportamento de consumo.

Fonte: documento original do projeto; dados e natureza das afirmações mantidos.

6 Escopo do MVP

6.1 Objetivo do MVP

Validar se consumidores estão dispostos a informar preferências e buscar produtos na plataforma, e se comerciantes percebem valor suficiente nos insights para cadastrar produtos, acompanhar dados e futuramente pagar por recursos avançados.

6.2 Funcionalidades para Consumidores

6.2.1 Cadastro de Consumidor

- Cadastro com nome, e-mail, cidade e bairro.
- Aceite de termos de uso e política de privacidade.
- Perfil básico de interesses por categorias de produtos.
- Login por e-mail e senha no MVP; login social pode entrar em fase posterior.

6.2.2 Questionários Inteligentes

- Pesquisas rápidas com perguntas objetivas e tempo de resposta inferior a dois minutos.
- Coleta contínua de preferências, intenção de compra e categorias de interesse.
- Questionários segmentados por cidade, bairro e perfil.
- Possibilidade de campanhas específicas, como “quais produtos você pretende comprar este mês?”.
- Registro de respostas para alimentar análises agregadas e recomendações.

6.2.3 Busca de Produtos

- Pesquisa por nome do produto, categoria e marca.
- Exibição de lojas que declaram possuir o produto ou categoria relacionada.
- Registro anônimo/agregado das buscas para análise de tendências.
- Filtros por localização, categoria, disponibilidade e distância.

6.2.4 Descoberta de Estabelecimentos

- Visualização de nome da loja, categoria, bairro, distância aproximada e produtos disponíveis.
- Página de perfil da loja com endereço, horário de funcionamento e informações de contato.
- Lista de produtos cadastrados pelo comerciante.
- Destaques promocionais em versão futura.

6.3 Funcionalidades para Comerciantes

6.3.1 Cadastro da Empresa

- Cadastro com nome fantasia, razão social opcional, CNPJ opcional no MVP, endereço, cidade, bairro e categoria.
- Horário de funcionamento.
- Dados de contato: telefone, WhatsApp, e-mail e redes sociais.
- Status de verificação simples feito pela administração.

6.3.2 Cadastro de Produtos

- Registro de nome, categoria, marca e quantidade disponível.
- Indicação de disponibilidade: disponível, baixo estoque ou indisponível.

- Atualização manual de estoque no MVP.
- Importação por planilha como melhoria futura.

6.3.3 Dashboard Básico

- Produtos mais pesquisados na cidade e no bairro.
- Categorias em crescimento no período selecionado.
- Volume de buscas relacionadas ao segmento do comerciante.
- Tendências locais simples com comparação semanal e mensal.
- Recomendações iniciais de produtos para avaliar reposição ou inclusão no mix.

6.4 Funcionalidades Administrativas

- Gestão de usuários consumidores.
- Gestão e aprovação de comerciantes.
- Moderação de produtos, lojas e dados inconsistentes.
- Monitoramento de pesquisas, questionários e respostas.
- Visualização de métricas gerais da plataforma.
- Exportação de dados agregados para análise interna.

7 Requisitos Funcionais

ID Requisito Descrição Prioridade RF-01 Cadastro de consumidor Permitir criação de conta com dados básicos de Alta localização e contato. RF-02 Cadastro de comerciante Permitir criação e edição de perfil comercial. Alta RF-03 Cadastro de produtos Permitir que comerciantes cadastrem produtos, Alta categorias, marcas e disponibilidade. RF-04 Busca de produtos Permitir que consumidores busquem produtos por Alta termo, categoria e marca. RF-05 Listagem de lojas Exibir lojas relacionadas à busca, com distância, Alta disponibilidade e dados principais. RF-06 Questionários Permitir criação, resposta e armazenamento de Alta pesquisas rápidas. RF-07 Dashboard comerciante Exibir produtos pesquisados, categorias em cresci- Alta mento e tendências locais. RF-08 Recomendações iniciais Sugerir oportunidades de estoque com base em Média buscas e respostas agregadas. RF-09 Administração Permitir gestão de usuários, lojas, produtos e mod- Alta eração de conteúdo. RF-10 Relatórios Gerar relatórios semanais e mensais para comer- Média ciantes. RF-11 Segmentação geográfica Separar análises por cidade e bairro. Alta RF-12 Exportação agregada Exportar indicadores agregados para análise ad- Baixa ministrativa.

8 Requisitos Não Funcionais

- Usabilidade:interfaces simples, linguagem acessível e fluxos curtos para usuários não técnicos.
- Performance:buscas devem retornar resultados em até três segundos em condições normais de uso no MVP.
- Escalabilidade:arquitetura deve suportar expansão para múltiplas cidades sem reescrita estrutural.
- Disponibilidade:meta inicial de 99% de disponibilidade mensal para a aplicação web.
- Segurança:senhas criptografadas, controle de acesso por perfil e proteção contra acesso indevido a dados sensíveis.
- Privacidade:dados individuais de consumidores não devem ser expostos a comerciantes; apenas dados agregados devem compor dashboards.
- Auditabilidade:ações administrativas relevantes devem ser registradas em logs.
- Manutenibilidade:código modular, documentação técnica mínima e separação clara entre front-end, back-end e processamento de IA.

9 Módulo de Inteligência Artificial

9.1 Objetivo

Transformar dados brutos de buscas, questionários, cadastros de produtos e sinais externos em insights acionáveis para comerciantes e administradores.

9.2 Fontes de Dados

- Buscas realizadas por consumidores.
- Respostas a questionários inteligentes.
- Produtos cadastrados por comerciantes.
- Categorias e marcas de interesse.
- Localização aproximada por cidade e bairro.
- Tendências públicas, como Google Trends e dados abertos.
- Dados demográficos agregados de fontes como IBGE.

9.3 Funções de IA

- Análise de tendências:detectar crescimento de interesse por produtos, categorias e serviços.
- Segmentação:separar padrões por cidade, bairro, faixa etária e perfil de consumo quando permitido.
- Recomendações:sugerir produtos para estoque, novas oportunidades e tendências emergentes.
- Relatórios automáticos:gerar relatórios semanais, mensais e alertas de tendência.
- Classificação de buscas:agrupar termos similares, corrigir variações e associar pesquisas a categorias padronizadas.
- Detecção de lacunas:identificar produtos muito buscados e pouco ofertados localmente.

9.4 Abordagem Inicial

No MVP, o módulo de IA deve começar com métodos simples e interpretáveis:

- Contagem e ranking de buscas por período.
- Crescimento percentual semanal e mensal por categoria.
- Agrupamento simples de termos equivalentes.
- Regras de recomendação baseadas em demanda alta e baixa oferta.
- Modelos estatísticos ou de machine learning leve com Python, Pandas e Scikit-Learn.

Em fases posteriores, podem ser incorporados modelos de linguagem open source, como Llama, Mistral ou Gemma via Ollama, para sumarização automática, geração de relatórios e assistentes conversacionais para comerciantes.

10 Fluxo de Dados

10.1 Descrição do Fluxo

1.Consumidor responde questionários, realiza buscas ou interage com lojas e produtos. 2.Dados são armazenados em banco relacional com identificação do evento, categoria, período e localização aproximada. 3.Pipeline de processamento limpa, normaliza e agrega dados. 4.Módulo de IA identifica tendências, lacunas de oferta, oportunidades e recomendações. 5.Dashboard apresenta insights para comerciantes em linguagem simples. 6.Comerciante toma decisões de compra, reposição, promoção ou comunicação.

11 Arquitetura Técnica

11.1 Stack Recomendada

C onsumidor Questionario/Busca Banco de Dados

Decisao C omercial Dashboard C omerciante Analise de T endencias P rocessamento I A

Camada Tecnologias Uso Front-end Web React, Next.js, Tailwind CSS Aplicação web responsiva para consumidores, comerciantes e administradores. Mobile – Fase 2 Flutter Aplicativo móvel com notificações, geolocalização e experiência nativa. Back-end Node.js e/ou FastAPI APIs REST, autenticação, regras de negócio e integração com serviços. Banco de Dados PostgreSQL, Supabase Armazenamento de usuários, lojas, produtos, buscas, questionários e eventos. IA e Dados Python, Pandas, Scikit- Processamento, classificação, Learn, modelos open source análise de tendências e relatórios. Infraestrutura Docker, VPS ou Cloud, Deploy, versionamento, au- GitHub tomação e ambientes isolados.

11.2 Principais Entidades de Dados

- Usuário:nome, e-mail, perfil, cidade, bairro, preferências e consentimentos.
- Comerciante:dados da empresa, endereço, categoria, contatos, status e plano.
- Produto:nome, categoria, marca, quantidade, status de disponibilidade e loja associada.
- Busca:termo pesquisado, categoria inferida, localização, data e origem.
- Questionário:perguntas, respostas, público-alvo, período e métricas de participação.
- Insight:tendência detectada, recomendação, nível de confiança, período e segmento.
- Relatório:resumo periódico de indicadores e recomendações para cada comerciante.

11.3 APIs e Serviços Gratuitos

- Geolocalização:OpenStreetMap e Nominatim.
- IA local/open source:Ollama, Llama, Mistral e Gemma.
- Formulários:Google Forms, Typeform ou Tally para validações iniciais.
- Automação:n8n, Flowise e Langflow.
- Analytics e dados externos:Google Trends, dados abertos governamentais e IBGE.

12 Experiência do Usuário

12.1 Fluxo do Consumidor

1.Acessa a plataforma e informa cidade/bairro.

2.Cria cadastro simples ou navega com funcionalidades limitadas. 3.Responde a um questionário rápido ou realiza uma busca por produto. 4.Visualiza lojas próximas, disponibilidade e informações de contato. 5.Pode salvar interesses, receber recomendações ou participar de novas pesquisas.

12.2 Fluxo do Comerciante

1.Cria conta comercial e cadastra dados da empresa. 2.Registra produtos, categorias, marcas e disponibilidade. 3.Acessa o dashboard com buscas, tendências e oportunidades. 4.Analisa recomendações e relatórios. 5.Ajusta estoque, cria promoções ou atualiza produtos conforme demanda detectada.

12.3 Fluxo Administrativo

1.Aprova ou revisa cadastros de comerciantes. 2.Monitora indicadores de uso e qualidade dos dados. 3.Cria questionários e campanhas de coleta. 4.Modera dados suspeitos, duplicados ou inadequados. 5.Acompanha expansão por bairro, cidade e segmento comercial.

13 Modelo de Monetização

13.1 Plano Gratuito

- Cadastro da loja na plataforma.
- Presença em buscas locais.
- Cadastro limitado de produtos.
- Acesso a indicadores básicos e agregados.

13.2 Plano Profissional

- Mensalidade recorrente.
- Dashboard avançado com filtros e comparações.
- IA de tendências e recomendações detalhadas.
- Relatórios semanais e mensais.
- Maior limite de produtos cadastrados.
- Alertas de oportunidade por categoria.

13.3 Destaque Patrocinado

Comerciantes podem pagar para ganhar maior visibilidade em buscas, categorias ou regiões específicas, respeitando transparência visual para o consumidor.

13.4 Relatórios Corporativos

Venda de inteligência agregada e anonimizada para associações comerciais, prefeituras, entidades setoriais e empresas de pesquisa. Esses relatórios devem preservar privacidade individual e evitar exposição de dados sensíveis de comerciantes específicos.

14 Indicadores de Sucesso

14.1 KPIs de Consumidores

- Número de usuários cadastrados.
- Número de buscas realizadas.
- Número de questionários respondidos.
- Taxa de retenção semanal e mensal.
- Taxa de cliques em lojas ou produtos.
- Percentual de buscas com resultado relevante.

14.2 KPIs de Comerciantes

- Número de empresas cadastradas.
- Número de produtos cadastrados.
- Frequência de atualização de estoque.
- Relatórios visualizados por comerciante.
- Taxa de conversão para plano pago.
- Engajamento com recomendações geradas.

14.3 KPIs de Negócio

- Receita recorrente mensal.
- Custo de aquisição de comerciante.

- Conversão do plano gratuito para profissional.
- Crescimento por cidade e por segmento.
- Churn de comerciantes pagantes.
- Número de cidades ativas.

15 Roadmap

Fase Duração Entregas e Objetivos Fase 1 – Val- 30 dias Entrevistar comerciantes e consumidores, validar idação dores, testar questionários, medir interesse inicial e definir cidade piloto. Fase 2 – MVP 60 dias Entregar cadastro, questionários, busca de produtos, cadastro de lojas/produtos, dashboard básico e painel administrativo. Fase 3 – IA Ini- 30 dias Implementar identificação de tendências, recial comendações automáticas simples, relatórios e detecção de lacunas de oferta. Fase 4 – Aplica- 60 dias Desenvolver aplicativo Flutter com notificações, geolotivo Mobile calização, recomendações e experiência otimizada para consumidores. Fase 5 – In- 45 dias Integrar Meta Ads, Google Ads e TikTok Ads para tegração com campanhas baseadas em tendências e públicos locais. Anúncios Fase 6 – Escala Contínua Expandir para múltiplas cidades, melhorar disponibil- Regional idade, automatizar onboarding e fortalecer infraestrutura escalável.

16 Critérios de Aceite do MVP

- Consumidor consegue criar conta, informar localização e responder questionários.
- Consumidor consegue buscar produtos por nome, categoria ou marca.
- Comerciante consegue criar perfil da empresa e cadastrar produtos.
- Dashboard exibe pelo menos produtos mais buscados, categorias em crescimento e tendências por localidade.
- Administração consegue visualizar e moderar usuários, comerciantes e produtos.
- Dados individuais de consumidores não são exibidos para comerciantes.
- Sistema registra buscas e respostas de forma estruturada para processamento posterior.
- Relatórios básicos podem ser gerados a partir dos dados agregados.

17 Riscos e Mitigações

Risco Impacto Mitigação

Baixa participação dos Poucos dados para gerar in- Gamificação, sorteios, benefícios consumidores sights confiáveis. locais, parcerias com lojas e campanhas em bairros. Dados insuficientes ou Recomendações pouco Integrar tendências públicas, enviesados confiáveis. ampliar coleta contínua e sinalizar nível de confiança dos insights. Baixa adoção dos com- Dificuldade de monetização e Plano gratuito, onboarding aserciantes baixa oferta cadastrada. sistido, demonstração de ROI e relatórios simples de entender. Dados de estoque desat- Experiência ruim para con- Incentivos para atualização, ualizados sumidores. lembretes automáticos e sinalização de última atualização. Complexidade técnica Atrasos no MVP. Começar com regras simples, excessiva dashboards básicos e modelos interpretáveis antes de IA avançada. Questões de privacidade Risco legal e reputacional. Consentimento claro, anonimização, agregação de dados e controles de acesso.

18 Premissas e Restrições

18.1 Premissas

- Comerciantes locais reconhecem valor em dados de intenção de compra.
- Consumidores aceitam responder pesquisas curtas se houver benefício percebido.
- Dados agregados por bairro e categoria são suficientes para gerar recomendações iniciais.
- Um MVP web responsivo é suficiente para validação inicial antes do aplicativo mobile.

18.2 Restrições

- Orçamento inicial deve priorizar ferramentas gratuitas ou de baixo custo.
- O MVP não deve depender de integrações complexas com ERPs ou sistemas de estoque.
- A coleta de dados deve respeitar consentimento, privacidade e legislação aplicável.
- A primeira versão deve focar em poucas cidades ou uma cidade piloto para evitar dispersão.

19 Visão Futura

- Previsão de demanda com modelos avançados de IA generativa e séries temporais.
- Agentes autônomos capazes de sugerir compras, campanhas e reposição de estoque.
- Integração com ERPs, sistemas de frente de caixa e plataformas de e-commerce.
- Marketplace local com catálogo, reserva, retirada e pagamento integrado.
- Assistente conversacional para comerciantes consultarem tendências em linguagem natural.
- Sistema de alertas preditivos em tempo real.
- Expansão nacional com inteligência regionalizada por cidade, bairro e segmento.

20 Conclusão

O MarketPulse Local propõe uma solução prática para uma dor recorrente do comércio local: a falta de dados acessíveis para tomada de decisão. Ao unir consumidores, comerciantes e inteligência artificial em uma mesma plataforma, o produto pode gerar valor em três frentes: facilitar a descoberta de produtos locais, fortalecer pequenos negócios e criar uma base regional de inteligência comercial.

A recomendação é iniciar com uma validação enxuta, concentrada em uma cidade piloto, com foco em coleta de intenção de compra, cadastro de estabelecimentos e dashboard básico. A partir da comprovação de engajamento e valor percebido, o produto pode evoluir para recomendações avançadas, relatórios automatizados, aplicativo mobile, integrações publicitárias e expansão regional.

LEITURAS COMPLEMENTARES INDICADAS PELA EDIÇÃO

MarketPulse Local

As indicações abaixo foram localizadas em fontes primárias e se relacionam ao tema do projeto. Não são atribuídas como bibliografia utilizada pelos estudantes. Outras indicações herdadas da curadoria, ainda não verificadas, constam apenas do quadro separado; a pertinência e a eventual incorporação ao argumento exigem validação dos autores. Não constituem certificação dos resultados do projeto.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. **Artificial Intelligence Risk Management Framework, AI RMF 1.0**. Gaithersburg, 2023. DOI: 10.6028/NIST.AI.100-1.

E04

ARTIGO / PROJETO

ECONOMIA, EDUCAÇÃO E DECISÃO

Assistente de Precificação Geográfica: Plataforma Inteligente para Otimização Regional de Preços

Diego Pires Reinato, Gustavo Lopez Martini e Lucca Rodrigues Frazili

DESTAQUE EDITORIAL

A recomendação de preços incorpora renda, demanda, concorrência, sazonalidade e logística para adaptar decisões comerciais a diferentes localidades.

DESCRITORES

precificação; varejo; demanda; concorrência; otimização regional

Identificação nesta versão: Diego Pires Reinato, Gustavo Lopez Martini e Lucca Rodrigues Frazili. *Assistente de Precificação Geográfica: Plataforma Inteligente para Otimização Regional de Preços*. In: *Conexões Colégio FECAP: Smart City*. Versão para avaliação institucional, 2026, p. 262–267.

Síntese de leitura elaborada pela edição a partir do documento disponível. Funcionalidades descritas não são, por si, evidência de implementação ou desempenho validado. A autoria segue a relação fornecida; conferências e divergências constam do controle separado.

TRABALHO DISCENTE

Assistente de Precificação Geográfica: Plataforma Inteligente para Otimização Regional de Preços

Diego Pires Reinato, Gustavo Lopez Martini e Lucca Rodrigues Frazili

Curso técnico de Inteligência Artificial, Colégio FECAP, São Paulo, Brasil

Nota editorial sobre a natureza do trabalho. Proposta de precificação geográfica. Recomendações e benefícios econômicos exigem validação dos dados e das condições de aplicação. As afirmações científicas permanecem sob responsabilidade dos autores; validações e pendências específicas constam do controle separado.

Resumo

Este artigo apresenta uma proposta de plataforma inteligente denominada Assistente de Precificação Geográfica, voltada ao apoio de decisões comerciais em empresas que atuam em múltiplas regiões. O problema central abordado é a limitação dos modelos tradicionais de precificação baseados apenas em custos e margens fixas, os quais tendem a ignorar diferenças locais de renda, concorrência, demanda, sazonalidade e custos logísticos. A solução proposta utiliza dados de produto, região, mercado e tempo para recomendar preços ajustados ao contexto geográfico, com o objetivo de maximizar lucratividade, competitividade e volume de vendas. O artigo descreve a motivação do sistema, sua arquitetura conceitual, os principais dados analisados, as funcionalidades esperadas e os impactos organizacionais previstos. Conclui-se que a precificação geográfica orientada por dados pode transformar a definição de preços em uma atividade estratégica, dinâmica e adaptável às condições específicas de cada mercado.

Palavras-chave: precificação geográfica; inteligência artificial; varejo; análise de dados; otimização de preços; tomada de decisão.

1 Introdução

A definição de preços é uma das decisões mais relevantes para a sustentabilidade econômica de empresas que comercializam produtos ou serviços. O preço influencia diretamente a margem de lucro, a percepção de valor pelo consumidor, o posicionamento competitivo e o volume de vendas. Apesar disso, muitas organizações ainda utilizam métodos simplificados de precificação, baseados principalmente no custo de aquisição do produto acrescido de uma margem percentual fixa.

Esse tipo de abordagem pode ser insuficiente quando a empresa atua em diferentes localidades. Consumidores de bairros, cidades ou estados distintos apresentam perfis de renda, hábitos de compra e sensibilidade a preço variados. Além disso, fatores como densidade populacional, presença de concorrentes, custos logísticos, eventos locais, feriados e sazonalidade podem alterar significativamente a demanda por um mesmo produto.

Nesse contexto, surge a necessidade de ferramentas capazes de apoiar decisões de precificação de maneira mais contextualizada. O Assistente de Precificação Geográfica propõe uma plataforma orientada por dados que recomenda o preço mais adequado para cada produto em cada localidade. Em vez de trabalhar com um único valor para todos os mercados, o sistema avalia as características regionais e comerciais para sugerir preços que equilibrem lucro, competitividade e aceitação do consumidor.

O objetivo deste artigo é apresentar uma base conceitual para o desenvolvimento dessa solução, descrevendo seu problema de pesquisa, os dados necessários, as funcionalidades principais e o impacto esperado para empresas de varejo, franquias, restaurantes, farmácias, supermercados, e-commerces, distribuidoras e redes de postos de combustível.

2 Problema de Pesquisa

O problema investigado neste trabalho pode ser sintetizado pela seguinte questão:como definir o melhor preço para vender determinado produto em uma localidade específica, considerando fatores econômicos, comerciais, temporais e regionais?

Na prática empresarial, a aplicação de preços uniformes pode gerar distorções. Em regiões de maior poder aquisitivo, um produto pode suportar preços mais elevados sem perda significativa de demanda. Em áreas mais sensíveis a preço, o mesmo aumento pode reduzir a procura e provocar perda de participação de mercado. De modo semelhante, uma localidade com muitos concorrentes próximos pode exigir uma estratégia diferente daquela adotada em uma região com baixa competição.

Outro fator relevante é o custo de operação. A distância em relação a centros de distribuição, a disponibilidade de estoque e os custos logísticos podem variar de acordo com a região. Quando essas variáveis não são consideradas, a empresa pode praticar preços excessivamente baixos, reduzindo sua margem, ou preços excessivamente altos, diminuindo o volume de vendas.

Assim, a ausência de mecanismos analíticos de precificação regional pode resultar em perdas financeiras, baixa competitividade e decisões pouco aderentes ao comportamento real do mercado.

3 Objetivos

3.1 Objetivo Geral

Propor uma plataforma inteligente de apoio à decisão para recomendação de preços por localidade, utilizando dados de produto, região, mercado e tempo.

3.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos da proposta são:

- identificar variáveis relevantes para a precificação geográfica;
- estruturar um modelo conceitual de coleta e análise de dados;
- apresentar funcionalidades de apoio à decisão, como painel de controle e simulador de preços;
- discutir os benefícios esperados para empresas que atuam em mercados regionais distintos;
- demonstrar como a inteligência artificial pode atuar como consultora de precificação.

4 Fundamentação Conceitual

A precificação é tradicionalmente associada à relação entre custo, margem e demanda. Entretanto, em mercados dinâmicos, o preço também deve refletir o comportamento do consumidor, a intensidade da concorrência e as condições externas que afetam a compra. A precificação geográfica amplia essa visão ao considerar que o valor ideal de um produto pode variar conforme o local em que ele é comercializado.

Sistemas orientados por dados permitem que empresas passem de decisões baseadas em intuição para decisões apoiadas em evidências. Nesse cenário, técnicas de inteligência artificial e análise preditiva podem ser utilizadas para reconhecer padrões de consumo, estimar elasticidade de demanda, comparar preços concorrentes e simular cenários comerciais.

O Assistente de Precificação Geográfica parte do princípio de que o preço ideal não é fixo, mas contextual. Ele depende do produto, do público local, da concorrência, do momento da compra e das metas estratégicas da empresa. Assim, a plataforma funciona como um mecanismo de recomendação capaz de responder à pergunta:qual é o melhor preço para vender este produto neste local e neste momento?

5 Metodologia Proposta

Este trabalho apresenta uma proposta de natureza aplicada e exploratória, voltada à concepção de uma solução tecnológica para apoio à decisão. A metodologia sugerida para implementação do sistema envolve quatro etapas principais: coleta de dados, tratamento e integração, análise preditiva e recomendação de preços.

5.1 Coleta de Dados

A primeira etapa consiste em reunir informações internas e externas. Os dados internos incluem características dos produtos, custos de aquisição, margens mínimas desejadas, estoque disponível e histórico de vendas. Os dados externos incluem indicadores socioeconômicos regionais, preços praticados por concorrentes, densidade populacional, tendências de consumo, feriados e eventos locais.

5.2 Tratamento e Integração

Após a coleta, os dados devem ser padronizados, limpos e integrados em uma base única. Essa etapa é essencial para evitar recomendações incorretas causadas por registros duplicados, informações desatualizadas ou inconsistências entre fontes de dados.

5.3 Análise Preditiva

A plataforma pode utilizar modelos estatísticos e algoritmos de aprendizado de máquina para estimar a relação entre preço, demanda e lucro. O sistema deve considerar a margem mínima definida pela empresa, o comportamento histórico de vendas e a reação esperada dos consumidores em cada região.

5.4 Recomendação de Preços

Com base nas análises realizadas, o sistema gera uma recomendação de preço para cada combinação de produto e localidade. A recomendação deve ser acompanhada de indicadores de suporte, como lucro estimado, volume de vendas previsto, nível de competitividade e grau de confiança da sugestão.

6 Dados Analisados pela Plataforma

A Tabela 1 apresenta uma síntese dos principais grupos de dados considerados pelo Assistente de Precificação Geográfica.

Esses grupos de dados permitem uma análise multidimensional da precificação. Ao combinar variáveis internas e externas, o sistema amplia a capacidade da empresa de compreender o mercado e ajustar seus preços de forma mais precisa.

Tabela 1: Principais dados analisados pela plataforma

Grupo de dados	Variáveis consideradas
Produto	Nome, categoria, custo de aquisição, margem mínima desejada e estoque disponível.
Região	Poder aquisitivo local, densidade populacional e índice de desenvolvimento econômico.
Mercado	Preços médios dos concorrentes, quantidade de concorrentes próximos, participação de mercado e tendências de consumo.

Grupo de dados	Variáveis consideradas
Tempo	Dia da semana, horário, sazonalidade, feriados e eventos locais.

Fonte: documento original do projeto; dados e natureza das afirmações mantidos.

7 Arquitetura Conceitual do Sistema

A arquitetura conceitual do Assistente de Precificação Geográfica pode ser organizada em cinco módulos principais:

1.Módulo de cadastro:responsável pelo registro de produtos, custos, margens, estoques e localidades atendidas.

2.Módulo de integração de dados:conecta fontes internas da empresa e fontes externas de mercado, região e calendário.

3.Módulo analítico:processa os dados e identifica padrões de demanda, competitividade e sensibilidade a preço.

4.Módulo de recomendação:calcula o preço sugerido para cada produto em cada localidade.

5.Módulo de visualização:apresenta painéis, indicadores, alertas e simulações para o usuário final.

Essa arquitetura permite que a inteligência artificial atue como uma consultora de precificação. O sistema não apenas informa um valor sugerido, mas também fornece elementos para que gestores compreendam a lógica da recomendação.

8 Funcionalidades Esperadas

8.1 Painel de Controle

O painel de controle deve permitir a visualização dos produtos cadastrados, preços sugeridos, margens estimadas, indicadores de lucro, desempenho por região e alertas de oportunidades comerciais. Esse recurso facilita a análise gerencial e permite que a empresa acompanhe rapidamente quais produtos necessitam de ajuste de preço.

8.2 Simulador de Preços

O simulador permite que o usuário altere variáveis e observe o impacto esperado sobre vendas e lucro. Por exemplo, o gestor pode testar cenários como aumento de preço em 5%, redução de preço em 10% ou alteração da margem desejada. A partir dessas mudanças, o sistema projeta resultados e auxilia na escolha da estratégia mais adequada.

8.3 Recomendações Personalizadas

As recomendações devem considerar o contexto específico de cada localidade. Uma farmácia localizada em uma região com alta concorrência, por exemplo, pode receber sugestões diferentes de uma unidade situada em área com menor oferta de produtos similares. Da mesma forma, restaurantes, supermercados e postos de combustível podem ajustar preços conforme horário, fluxo de pessoas e eventos locais.

8.4 Alertas e Monitoramento

O sistema também pode emitir alertas quando identificar mudanças relevantes no mercado, como queda de preço de concorrentes, aumento de demanda sazonal ou redução do estoque disponível. Esses alertas tornam a tomada de decisão mais rápida e responsiva.

9 Público-Alvo

O Assistente de Precificação Geográfica é aplicável a organizações que operam em diferentes territórios e necessitam adaptar suas estratégias comerciais. Entre os principais públicos-alvo, destacam-se:

- supermercados; •franquias;
- farmácias; •empresas de e-commerce;
- lojas de varejo; •distribuidoras;
- restaurantes; •redes de postos de combustível.

Esses segmentos compartilham a necessidade de equilibrar margem de lucro, volume de vendas e competitividade, especialmente quando atuam em regiões com comportamentos de consumo distintos.

10 Impacto Esperado

A adoção de uma plataforma de precificação geográfica pode gerar impactos positivos em diferentes dimensões do negócio. Do ponto de vista financeiro, espera-se aumento da lucratividade por meio de preços mais alinhados à disposição de pagamento dos consumidores e aos custos locais. Do ponto de vista comercial, a empresa tende a melhorar sua competitividade ao responder de forma mais rápida às variações do mercado.

Outro impacto relevante é a redução de perdas causadas por precificação inadequada. Preços excessivamente altos podem afastar consumidores e reduzir vendas, enquanto preços excessivamente baixos podem comprometer a margem de lucro. Ao utilizar dados para equilibrar essas variáveis, o sistema contribui para decisões mais eficientes.

Além disso, a plataforma favorece uma cultura organizacional orientada por dados. Gestores passam a contar com informações estruturadas, simulações e indicadores para justificar decisões, reduzindo a dependência de análises subjetivas ou padronizadas.

11 Desafios e Limitações

Apesar dos benefícios potenciais, a implementação do Assistente de Precificação Geográfica apresenta desafios. O primeiro deles é a qualidade dos dados. Recomendações confiáveis dependem de informações atualizadas, consistentes e representativas. Dados incompletos sobre concorrência, demanda ou custos podem comprometer a precisão do sistema.

Outro desafio está relacionado à aceitação organizacional. Gestores e equipes comerciais podem resistir a recomendações automatizadas caso não compreendam os critérios utilizados pela plataforma. Por isso, é importante que o sistema ofereça transparência, explicabilidade e indicadores que auxiliem a interpretação dos resultados.

Também é necessário considerar aspectos éticos e estratégicos da precificação. A personalização de preços deve ser aplicada de forma responsável, evitando práticas abusivas, discriminação indevida ou prejuízos à confiança do consumidor.

12 Considerações Finais

Este artigo apresentou uma proposta de plataforma inteligente para precificação geográfica, baseada na análise integrada de dados de produto, região, mercado e tempo. A solução busca superar limitações dos modelos tradicionais de preço fixo, oferecendo recomendações personalizadas para diferentes localidades.

O Assistente de Precificação Geográfica transforma a definição de preços em uma atividade estratégica, automatizada e orientada por dados. Ao considerar fatores como poder aquisitivo local, concorrência, custos logísticos, sazonalidade e eventos regionais, a plataforma permite que empresas pratiquem o valor mais adequado para cada produto, no lugar certo e no momento certo.

Como trabalhos futuros, recomenda-se o desenvolvimento de um protótipo funcional, a aplicação em bases reais de vendas e a avaliação dos resultados por meio de indicadores como lucro, volume vendido, participação de mercado e satisfação dos gestores. Dessa forma, será possível validar empiricamente a eficácia da solução proposta e aprimorar seus modelos de recomendação.

Referências

[1]KOTLER, P.; KELLER, K. L.Administração de marketing. São Paulo: Pearson, 2012.

[2]NAGLE, T. T.; HOGAN, J. E.; ZALE, J.The Strategy and Tactics of Pricing. New York: Routledge, 2016.

[3]SHAPIRO, C.; VARIAN, H. R.Information Rules: A Strategic Guide to the Network Economy. Boston: Harvard Business School Press, 1999.

[4]PROVOST, F.; FAWCETT, T.Data Science for Business. Sebastopol: O'Reilly Media, 2013.

LEITURAS COMPLEMENTARES INDICADAS PELA EDIÇÃO

Assistente de Precificação Geográfica

As indicações abaixo foram localizadas em fontes primárias e se relacionam ao tema do projeto. Não são atribuídas como bibliografia utilizada pelos estudantes. Outras indicações herdadas da curadoria, ainda não verificadas, constam apenas do quadro separado; a pertinência e a eventual incorporação ao argumento exigem validação dos autores. Não constituem certificação dos resultados do projeto.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. **Artificial Intelligence Risk Management Framework, AI RMF 1.0**. Gaithersburg, 2023. DOI: 10.6028/NIST.AI.100-1.

E05

ARTIGO / PROJETO

ECONOMIA, EDUCAÇÃO E DECISÃO

Sistemas de Apoio à Decisão em Crises de Estado: Simulador Interativo Macroeconômico de Vieses Políticos e Sociais

Vitor Roveri Santos, Felipe Bravi Teixeira e Raul Cassemiro Mattos

DESTAQUE EDITORIAL

Um jogo de alocação de recursos escassos registra escolhas públicas e discute como métricas e algoritmos podem interpretar perfis decisórios em cenários de crise.

DESCRITORES

decisão pública; programação linear; vieses; gamificação; políticas públicas

Identificação nesta versão: Vitor Roveri Santos, Felipe Bravi Teixeira e Raul Cassemiro Mattos. *Sistemas de Apoio à Decisão em Crises de Estado: Simulador Interativo Macroeconômico de Vieses Políticos e Sociais*. In: *Conexões Colégio FECAP: Smart City*. Versão para avaliação institucional, 2026, p. 270–273.

Síntese de leitura elaborada pela edição a partir do documento disponível. Funcionalidades descritas não são, por si, evidência de implementação ou desempenho validado. A autoria segue a relação fornecida; conferências e divergências constam do controle separado.

TRABALHO DISCENTE

Sistemas de Apoio à Decisão em Crises de Estado: Simulador Interativo Macroeconômico de Vieses Políticos e Sociais

Vitor Roveri Santos, Felipe Bravi Teixeira e Raul Cassemiro Mattos

Curso técnico de Inteligência Artificial, Colégio FECAP, São Paulo, Brasil

Nota editorial sobre a natureza do trabalho. Simulador de decisões com exemplos numéricos e formulação de otimização. Perfis de jogo não constituem diagnóstico de pessoas ou evidência sobre políticas reais. As afirmações científicas permanecem sob responsabilidade dos autores; validações e pendências específicas constam do controle separado.

Resumo Este relatório apresenta o projetoSimulador de Priorização Social: O Dilema do Presidente, uma aplicação interativa voltada à demonstração de conceitos de Inteligência Artificial, Ciência de Dados e Sistemas de Apoio à Decisão em contextos de crise de Estado. O jogo coloca o usuário no papel de um Presidente da República responsável por alocar recursos escassos, como orçamento público, insumos estratégicos e infraestrutura emergencial, sob restrições críticas e cenários de alta pressão social. A cada rodada, o mandatário precisa escolher entre alternativas concorrentes, por exemplo, salvar um setor industrial em colapso, subsidiar cestas básicas, ampliar vagas emergenciais ou preservar o equilíbrio fiscal. Ao final da simulação, uma camada analítica interpreta as decisões tomadas e estima se o perfil decisório do usuário se aproxima de um viés de utilitarismo econômico, assistencialismo distributivo, responsabilidade fiscal estrita ou populismo de curto prazo. Assim, o projeto busca transformar a experiência gamificada em uma reflexão científica sobre ética de dados, governabilidade, priorização social e uso responsável de IA em políticas públicas.

1 Introdução

A Inteligência Artificial (IA) tem se tornado uma ferramenta relevante para a formulação, monitoramento e avaliação de políticas públicas. Em ambientes governamentais complexos, especialmente no topo do Poder Executivo, decisões precisam ser tomadas com base em múltiplas variáveis: disponibilidade orçamentária, urgência social, capacidade operacional, impacto econômico, legitimidade política e risco institucional. Nesse contexto, Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) podem auxiliar gestores públicos ao organizar dados, simular cenários, identificar restrições e explicitar consequências prováveis de diferentes escolhas. O projetoSimulador de Priorização Social: O Dilema do Presidenteparte de uma premissa pedagógica: governar em crise significa decidir sob escassez. O jogador, ocupando simbolicamente o cargo de Presidente da República, deve selecionar políticas públicas em situações de emergência, equilibrando governabilidade, impacto social e responsabilidade fiscal. Em vez de apresentar a política pública como uma sequência linear de decisões ideais, o simulador evidencia conflitos distributivos, custos de oportunidade e dilemas éticos presentes na administração estatal.

A contribuição científica e educacional do projeto está em aproximar conceitos de IA e Ciência de Dados de um problema socialmente compreensível. O sistema não apenas registra as escolhas do usuário, mas também as interpreta por meio de métricas de perfilamento político-econômico. Dessa forma, o jogo funciona como uma plataforma experimental para discutir como algoritmos podem classificar padrões decisórios, quais pressupostos normativos estão embutidos nessas classificações e quais cuidados éticos devem orientar o uso de modelos analíticos em políticas públicas.

2 Metodologia e Modelagem de Restrições

A metodologia do simulador combina modelagem matemática, estruturação de cenários em dados semiestruturados e lógica computacional implementada em JavaScript. Cada rodada apresenta ao usuário um dilema presidencial composto por alternativas de ação, custos associados e efeitos esperados sobre indicadores sociais, econômicos e políticos. A decisão do usuário altera variáveis acumuladas do jogo, como orçamento restante, popularidade, bem-estar social, estabilidade institucional e risco fiscal.

2.1 Formulação de Programação Linear Para representar formalmente o problema de priorização, considera-se um conjunto de políticas públicas candidatasj = 1,2, . . . , n. Cada política possui um benefício social estimadob j, um custo orçamentárioo j, uma demanda por vagas emergenciaisv j e uma demanda por insumos estratégicosi j. A variável de decisãox j indica o nível de implementação da políticaj.

$$\max Z = \sum_{j=1}^{n} b_j x_j, \tag{1}$$

$$\sum_{j=1}^{n} o_j x_j \leq O_{\text{disponivel}}, \tag{2}$$

$$\sum_{j=1}^{n} v_j x_j \leq V_{\text{lim}}, \tag{3}$$

$$\sum_{j=1}^{n} i_j x_j \leq I_{\text{lim}}, \tag{4}$$

$$x_j \geq 0, \quad \forall j \in \{1, 2, \ldots, n\}. \tag{5}$$

Na versão gamificada, essa formulação não precisa ser exibida diretamente ao usuário final. Ela orienta a arquitetura lógica do simulador, servindo como base conceitual para a construção dos dilemas. Cada escolha presidencial representa uma aproximação discreta de um problema clássico de alocação ótima sob restrições, no qual a maximização do bem-estar social depende da capacidade de distribuir recursos limitados entre demandas concorrentes.

2.2 Estrutura dos Dilemas Presidenciais em JSON Os dilemas do jogo podem ser armazenados em formato JSON, permitindo separação entre conteúdo narrativo, parâmetros quantitativos e regras de pontuação. O exemplo a seguir apresenta um cenário no qual o Presidente deve escolher entre salvar um setor industrial falido ou subsidiar cestas básicas para famílias vulneráveis. Listing 1: Exemplo de estrutura JSON para um dilema presidencial.

```
{
  "id": "dilema_001",
  "titulo": "Crise industrial e fome urbana",
  "contexto": "O pais enfrenta aumento do desemprego industrial e crescimento da inseguranca alimentar
     nas periferias.",
  "recursos_disponiveis": {
    "orcamento": 100,
    "vagas_emergenciais": 40,
    "insumos": 70
  },
  "alternativas": [
    {
      "acao": "Salvar setor industrial falido",
      "custo_orcamentario": 70,
      "uso_vagas": 10,
      "uso_insumos": 20,
      "impactos": {
        "emprego": 35,
        "bem_estar_social": 15,
```

```
        "risco_fiscal": 30,
        "popularidade": 10
      },
      "perfil": "utilitarismo_economico"
    },
    {
      "acao": "Subsidiar cestas basicas",
      "custo_orcamentario": 45,
      "uso_vagas": 25,
      "uso_insumos": 55,
      "impactos": {
        "emprego": 5,
        "bem_estar_social": 40,
        "risco_fiscal": 18,
        "popularidade": 25
      },
      "perfil": "justica_social_distributiva"
    }
  ]
}
```

Esse modelo facilita a expansão do jogo, pois novos dilemas podem ser adicionados sem alterar a estrutura principal do código. Além disso, a organização dos dados permite que a IA ou a lógica analítica do sistema compare padrões decisórios ao longo da simulação.

3 Métricas de Perfilamento Político-Econômico

A lógica do simulador em JavaScript pode categorizar as escolhas do usuário por meio de pontuações acumuladas em dimensões político-econômicas. Cada alternativa selecionada contribui para um ou mais eixos analíticos, permitindo construir uma matriz de perfilamento ao final do jogo. A classificação não deve ser interpretada como diagnóstico ideológico definitivo, mas como uma leitura didática dos padrões de decisão observados. Entre as principais dimensões avaliadas, destacam-se:

Tabela 1: Exemplo de matriz de perfilamento decisório

Dimensão	Indicador observado	Tendência interpretada
Responsabilidade fiscal	Baixo gasto e baixo risco fiscal	Prudência orçamentária
Justiça social distributiva	Alto impacto em grupos vulneráveis	Assistencialismo estruturado
Utilitarismo econômico	Priorização de emprego e produção	Eficiência macroeconômica
Populismo de curto prazo	Alta popularidade e alto custo futuro	Ganho político imediato
Estabilidade institucional	Redução de conflito social	Governabilidade

Fonte: documento original do projeto; dados e natureza das afirmações mantidos.

Em termos computacionais, cada escolha pode atualizar um vetor de pontuaçãoP composto por categorias interpretativas:

P= [p f iscal, psocial, peconomico, ppopulista, pinstitucional] (6) Ao final da simulação, o sistema identifica os maiores componentes do vetor e gera uma devolutiva textual ao jogador. Por exemplo, sep f iscal for dominante, o relatório final pode indicar tendência àResponsabilidade Fiscal Estrita. Sep social superar os demais, a interpretação pode apontar paraJustiça Social Distributiva. Casop populista seja alto em conjunto com aumento expressivo do risco fiscal, o simulador pode classificar o padrão decisório comoPopulismo de Curto Prazo. Essa etapa evidencia um aspecto central da ética em IA: toda classificação depende de critérios, pesos e categorias previamente definidos. Portanto, a transparência metodológica é essencial para evitar que o sistema apresente julgamentos políticos como se fossem verdades neutras. No ambiente da FECART, essa discussão permite

mostrar aos visitantes que modelos de IA aplicados à gestão pública devem ser avaliados não apenas por sua eficiência técnica, mas também por sua legitimidade, explicabilidade e responsabilidade social.

4 Engajamento e Impacto na FECART

A interface gamificada do simulador foi concebida para transformar conceitos abstratos de macroeconomia, políticas públicas e IA em uma experiência interativa. Ao assumir o papel de Presidente, o participante percebe que decisões governamentais raramente possuem soluções perfeitas: ampliar gastos sociais pode reduzir sofrimento imediato, mas pressionar o orçamento; preservar recursos fiscais pode aumentar credibilidade econômica, mas gerar insatisfação popular; salvar empresas pode proteger empregos, mas concentrar benefícios em setores específicos. Na FECART, o projeto tem potencial para engajar o público por meio de três dimensões principais. A primeira é a dimensão educacional, pois o jogo apresenta conceitos de restrição, escassez, otimização e custo de oportunidade de forma acessível. A segunda é a dimensão tecnológica, ao demonstrar como estruturas de dados, lógica de decisão e modelos analíticos podem ser integrados em uma aplicação interativa. A terceira é a dimensão ética, pois o simulador provoca reflexão sobre os limites do uso de algoritmos em decisões que afetam vidas humanas. O impacto esperado é estimular debates entre estudantes, professores, visitantes e avaliadores sobre como a Ciência de Dados pode contribuir para uma gestão pública mais informada, sem substituir a responsabilidade política e moral dos decisores. Ao final da experiência, o usuário não recebe apenas uma pontuação, mas uma interpretação crítica de suas escolhas, incentivando a reflexão sobre prioridades sociais, vieses decisórios e consequências de longo prazo.

5 Considerações Finais

OSimulador de Priorização Social: O Dilema do Presidentedemonstra como IA e Ciência de Dados podem ser utilizadas para criar ambientes de aprendizagem baseados em tomada de decisão. Por meio de dilemas presidenciais, restrições matemáticas e perfilamento político-econômico, o projeto evidencia a complexidade da gestão pública em cenários de crise. Mais do que indicar uma resposta correta, o simulador convida o participante a compreender que toda decisão pública envolve trade-offs, valores e consequências mensuráveis. Como proposta científica para apresentação na FECART, o projeto integra fundamentos de Sistemas de Apoio à Decisão, Programação Linear, ética de dados e gamificação. Essa combinação reforça a importância de formar profissionais capazes de desenvolver tecnologias inteligentes, mas também conscientes de seu impacto social e institucional.

LEITURAS COMPLEMENTARES INDICADAS PELA EDIÇÃO

O Dilema do Presidente

As indicações abaixo foram localizadas em fontes primárias e se relacionam ao tema do projeto. Não são atribuídas como bibliografia utilizada pelos estudantes. Outras indicações herdadas da curadoria, ainda não verificadas, constam apenas do quadro separado; a pertinência e a eventual incorporação ao argumento exigem validação dos autores. Não constituem certificação dos resultados do projeto.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. **Artificial Intelligence Risk Management Framework, AI RMF 1.0**. Gaithersburg, 2023. DOI: 10.6028/NIST.AI.100-1.

E06

ARTIGO / PROJETO

ECONOMIA, EDUCAÇÃO E DECISÃO

SmartCart: Marketplace Inteligente para Otimização de Compras em Supermercados

Isaac Zion Correa da Silva, Lucas Sammartino São Marcos e Lucas Kenzo Yasuda

DESTAQUE EDITORIAL

Uma lista de compras em linguagem natural é combinada com preços, disponibilidade, distância e entrega para recomendar uma composição de mercados com menor custo total estimado.

DESCRITORES

compras inteligentes; supermercados; otimização; recomendação; geolocalização

Identificação nesta versão: Isaac Zion Correa da Silva, Lucas Sammartino São Marcos e Lucas Kenzo Yasuda. *SmartCart: Marketplace Inteligente para Otimização de Compras em Supermercados*. In: *Conexões Colégio FECAP: Smart City*. Versão para avaliação institucional, 2026, p. 276–293.

Síntese de leitura elaborada pela edição a partir do documento disponível. Funcionalidades descritas não são, por si, evidência de implementação ou desempenho validado. A autoria segue a relação fornecida; conferências e divergências constam do controle separado.

TRABALHO DISCENTE

SmartCart: Marketplace Inteligente para Otimização de Compras em Supermercados

Isaac Zion Correa da Silva, Lucas Sammartino São Marcos e Lucas Kenzo Yasuda

Curso técnico de Inteligência Artificial, Colégio FECAP, São Paulo, Brasil

Nota editorial sobre a natureza do trabalho. Documento de concepção e requisitos do SmartCart, recomposto a partir das 30 páginas da fonte. Roteiros e exemplos não comprovam implementação de todas as funções. As afirmações científicas permanecem sob responsabilidade dos autores; validações e pendências específicas constam do controle separado.

1. RESUMO DO PROJETO

O SmartCart é um aplicativo e site de marketplace inteligente desenvolvido para facilitar e otimizar as compras de supermercado.

O problema que queremos resolver é simples: atualmente, uma pessoa que deseja economizar precisa entrar em vários supermercados, pesquisar produto por produto, comparar preços, verificar disponibilidade e calcular onde vale mais a pena comprar.

Esse processo é demorado e trabalhoso.

O SmartCart pretende automatizar esse processo.

O usuário simplesmente informa:

1. Sua localização; 2. Sua lista de compras; 3. A quantidade de cada produto.

A partir dessas informações, o sistema utiliza geolocalização, web scraping, banco de dados, algoritmos de otimização e Inteligência Artificial para encontrar supermercados próximos, pesquisar os produtos desejados e descobrir onde cada item está mais barato.

O grande diferencial é que o sistema não precisa escolher apenas um supermercado.

Se for mais econômico comprar arroz em um mercado, feijão em outro e leite em um terceiro, o SmartCart poderá dividir a compra entre diferentes estabelecimentos.

O objetivo é encontrar a melhor combinação possível de produtos, mercados, preços e entregas.

2. PROBLEMA

Comprar produtos de supermercado pode ser uma tarefa demorada.

O consumidor normalmente precisa:

- Pesquisar preços;
- Acessar diferentes sites;
- Abrir diferentes aplicativos;
- Comparar produtos;

- Verificar promoções;
- Conferir disponibilidade;
- Calcular o valor total;
- Considerar o preço da entrega.

Muitas pessoas acabam comprando tudo em um único mercado simplesmente por praticidade, mesmo quando poderiam economizar comprando determinados produtos em outros estabelecimentos.

O SmartCart surge para automatizar essa comparação.

3. SOLUÇÃO PROPOSTA

O SmartCart funcionará como um carrinho de compras inteligente.

O usuário não precisa saber em qual supermercado cada produto está mais barato.

Ele apenas informa o que deseja comprar.

Exemplo:

2 kg de arroz 1 pacote de feijão 2 caixas de leite 1 café 1 açúcar 2 refrigerantes

O SmartCart interpreta a lista e inicia a pesquisa.

Primeiro, utiliza a localização do usuário para encontrar supermercados próximos.

Depois, coleta informações dos supermercados disponíveis e compara os preços dos produtos.

Por fim, calcula qual combinação de mercados apresenta o melhor custo-benefício.

4. PRINCIPAL DIFERENCIAL

O SmartCart não será apenas um comparador de preços.

Comparadores tradicionais normalmente mostram:

"Produto X custa R$ 20 no Mercado A e R$ 22 no Mercado B."

O SmartCart vai além.

Ele poderá dizer:

"Para sua lista completa, comprar 3 produtos no Mercado A, 4 no Mercado B e 2 no Mercado C é a opção mais econômica."

Portanto:

O usuário não escolhe o supermercado.

O SmartCart monta a melhor compra.

Essa é a principal proposta de inovação do projeto.

5. FUNCIONAMENTO GERAL

O fluxo principal será:

USUÁRIO ↓ Informa localização ↓ Cria lista de compras ↓ IA interpreta a lista ↓ Sistema encontra mercados próximos ↓ Scrapers coletam preços e disponibilidade ↓ Dados são armazenados no PostgreSQL ↓ Sistema compara os produtos ↓ Algoritmo calcula as melhores combinações ↓ SmartCart monta o carrinho otimizado ↓ Usuário visualiza economia e divisão da compra ↓ Usuário confirma ↓ Sistema cria/encaminha os pedidos

↓ Entrega dos produtos

6. GEOLOCALIZAÇÃO

A localização é uma parte importante do SmartCart.

O sistema utilizará a localização do usuário para encontrar supermercados dentro de um determinado raio.

Exemplo:

Usuário:

Localização atual

Raio selecionado:

5 km

Supermercados encontrados:

- Mercado A — 1,2 km
- Mercado B — 2,1 km
- Mercado C — 3,4 km
- Mercado D — 4,7 km

O sistema não precisa pesquisar supermercados muito distantes se existirem opções próximas suficientes.

A distância também poderá ser utilizada no cálculo do custo-benefício.

7. LISTA DE COMPRAS

A tela principal deverá ser extremamente simples.

O usuário poderá escrever:

"2 arroz, feijão, leite e café"

ou adicionar produtos individualmente.

Cada item deverá possuir:

- Nome;

- Quantidade;
- Unidade;
- Marca, quando especificada;
- Preferências, quando necessárias.

O usuário poderá salvar listas para utilizá-las posteriormente.

Exemplos:

- Compra do mês;
- Compra semanal;
- Churrasco;
- Limpeza;
- Café da manhã.

8. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A Inteligência Artificial será utilizada principalmente para interpretar e organizar a lista de compras, e não simplesmente adicionada ao projeto sem necessidade.

8.1 Interpretação da lista

O usuário poderá escrever de maneira natural.

Exemplo:

"2 arrozes, 3 leite, café pilão e uma coca de 2 litros"

A IA transforma isso em dados estruturados:

[{ "produto": "Arroz", "quantidade": 2 }, { "produto": "Leite", "quantidade": 3 }, { "produto": "Café Pilão", "quantidade": 1, "marca": "Pilão"}, { "produto": "Coca-Cola 2L", "quantidade": 1

}]

Isso facilita a pesquisa automática.

9. IDENTIFICAÇÃO DE PRODUTOS

A IA também poderá ajudar a identificar produtos equivalentes.

Por exemplo:

O usuário escreve:

"leite integral"

O sistema pode encontrar:

- Leite Integral Marca A;
- Leite Integral Marca B;
- Leite Integral Marca C.

Quando o usuário especificar uma marca, o sistema deverá priorizar aquela marca.

Quando não especificar, o sistema poderá comparar opções equivalentes.

10. SUBSTITUIÇÃO DE PRODUTOS

Caso um produto esteja indisponível, o sistema poderá procurar uma alternativa.

Exemplo:

Produto solicitado: Café Marca A

Resultado:

Indisponível.

O sistema poderá apresentar:

Café Marca B — R$ 15,90

O usuário poderá aceitar ou recusar a substituição.

11. SCRAPING

A principal fonte de dados do protótipo será o web scraping, quando permitido pelos sites utilizados.

O sistema terá mecanismos responsáveis por acessar páginas autorizadas e coletar informações como:

- Nome do produto;
- Marca;
- Preço;
- Promoção;
- Estoque;
- Categoria;
- Unidade;
- Mercado;
- Data da coleta.

Exemplo:

Produto: Arroz 5kg Mercado: Mercado A Preço: R$ 22,90 Estoque: Disponível Atualizado: 14:00

Essas informações serão enviadas ao banco de dados.

12. ARQUITETURA DO SCRAPING

Cada supermercado poderá possuir um coletor específico.

Exemplo:

Scraper Mercado A ↓ Dados Mercado A

Scraper Mercado B ↓ Dados Mercado B

Scraper Mercado C ↓ Dados Mercado C

Depois:

SCRAPERS ↓ Normalização dos dados ↓ PostgreSQL ↓ Sistema SmartCart

Isso é importante porque diferentes supermercados podem apresentar seus produtos de maneiras diferentes.

13. ATUALIZAÇÃO DOS PREÇOS

Os preços não devem ser tratados como informações permanentes.

O sistema deverá armazenar a data e hora da coleta.

Exemplo:

Arroz 5kg Mercado A R$ 22,90 Atualizado às 14:02

Futuramente, o scraper poderá executar automaticamente em determinados intervalos.

14. BANCO DE DADOS

O banco de dados principal será o PostgreSQL.

Ele armazenará:

- Usuários;
- Localizações;

- Mercados;
- Produtos;
- Preços;
- Estoques;
- Listas;
- Itens das listas;
- Pedidos;
- Itens dos pedidos;
- Dados de entrega.

Estrutura inicial:

USUARIOS - id - nome - email - latitude - longitude - endereco

MERCADOS - id - nome - endereco - latitude - longitude

PRODUTOS - id - nome - marca - categoria - unidade

PRECOS - id - produto_id - mercado_id - preco - estoque - data_atualizacao

LISTAS - id - usuario_id - nome - data_criacao

ITENS_LISTA - id - lista_id - produto_id - quantidade

PEDIDOS - id - usuario_id - valor_total - status - endereco_entrega

ITENS_PEDIDO - id - pedido_id - produto_id - mercado_id - quantidade - preco

15. ALGORITMO DE OTIMIZAÇÃO

Essa será uma das partes mais importantes do projeto.

O sistema precisa descobrir a melhor maneira de montar a compra.

Não basta escolher o menor preço de cada produto isoladamente.

É necessário considerar o custo total.

Exemplo:

O usuário precisa de:

- Arroz;
- Feijão;
- Leite;
- Café.

O sistema encontra:

Mercado A

Arroz — R$ 20

Mercado B

Feijão — R$ 7 Leite — R$ 5 Café — R$ 15

Produtos:

R$ 47

Porém, existem duas entregas.

Então o sistema calcula:

Produtos: R$ 47 Entrega Mercado A: R$ 6 Entrega Mercado B: R$ 5

Total: R$ 58

Agora ele compara com:

Comprar tudo no Mercado B:

Produtos: R$ 53 Entrega: R$ 4

Total: R$ 57

Nesse caso, mesmo que alguns produtos sejam mais baratos no Mercado A, comprar tudo no Mercado B é melhor.

Portanto, o sistema deverá otimizar:

Preço dos produtos + entrega + distância + disponibilidade + quantidade de mercados.

16. REGRA PRINCIPAL DO SMARTCART

A regra principal será:

Encontrar a menor combinação de custo total possível para a lista de compras do usuário.

O sistema poderá testar diferentes combinações de mercados.

Exemplo:

Combinação 1 Mercado A + Mercado B Total: R$ 120

Combinação 2 Mercado A + Mercado C Total: R$ 115

Combinação 3 Mercado B Total: R$ 118

Combinação 4 Mercado B + Mercado C Total: R$ 109

Resultado:

Melhor combinação: Mercado B + Mercado C.

17. ECONOMIA

O SmartCart deverá mostrar claramente a economia.

Exemplo:

Compra sem otimização: R$ 150,00

Compra otimizada: R$ 127,50

Economia: R$ 22,50

Isso ajuda o usuário a entender imediatamente o benefício da plataforma.

18. CARRINHO INTELIGENTE

Após a otimização, o sistema deverá montar um carrinho dividido.

Exemplo:

Mercado A

- Arroz — R$ 19,90
- Feijão — R$ 7,90

Subtotal: R$ 27,80

Mercado B

- Leite — R$ 5,49
- Café — R$ 14,90

Subtotal: R$ 20,39

Mercado C

- Açúcar — R$ 4,50

Subtotal: R$ 4,50

Produtos:

R$ 52,69

Entregas:

R$ 10,00

Total:

R$ 62,69

Economia:

R$ 18,40

19. ENTREGA

A visão final do SmartCart é permitir que os produtos sejam entregues na casa do usuário.

Existem duas possibilidades:

MVP

Para a primeira versão acadêmica, a entrega poderá ser simulada.

O sistema mostrará:

Pedido confirmado.

Mercado A preparando pedido.

Mercado B preparando pedido.

Entrega em andamento.

Pedido entregue.

Versão futura

O SmartCart poderá integrar APIs de supermercados e empresas de logística.

Nesse cenário, os pedidos poderão ser enviados aos respectivos parceiros e as entregas coordenadas até o endereço do usuário.

20. COMPRA AUTOMÁTICA

A compra automática deve ser tratada como uma funcionalidade de evolução do projeto.

Na versão completa, após o usuário confirmar:

SmartCart ↓ Mercado A → Pedido 1 Mercado B → Pedido 2 Mercado C → Pedido 3

Cada pedido será encaminhado ao respectivo estabelecimento através de integrações autorizadas.

Para o protótipo acadêmico, caso os supermercados reais não ofereçam APIs de pedido, essa etapa poderá ser simulada.

O importante é demonstrar que o SmartCart consegue:

Pesquisar → Comparar → Otimizar → Montar → Confirmar.

21. INTERFACE DO APLICATIVO

A interface deverá ser simples e intuitiva.

Tela inicial

Título:

SmartCart

Subtítulo:

"Sua lista. Os melhores preços. Uma compra inteligente."

Campo:

O que você precisa comprar?

Botão:

ENCONTRAR MELHORES PREÇOS

Tela de localização

Solicitar:

"Permitir acesso à sua localização?"

Depois mostrar:

Encontramos 8 supermercados próximos.

Tela de resultados

Mostrar:

- Produto;
- Preço;
- Mercado;
- Distância;
- Estoque;
- Substituições;

- Economia.

Tela do carrinho

Mostrar a divisão:

Mercado A 3 produtos

Mercado B 5 produtos

Mercado C 2 produtos

E:

Produtos: R$ XXX Entrega: R$ XX Total: R$ XXX

Economia: R$ XX

22. TECNOLOGIAS

Front-end

- React
- JavaScript
- HTML
- CSS

Back-end

- Node.js
- Express

Banco

- PostgreSQL

Scraping

- Python
- Scrapy e/ou Playwright

IA

- API de modelo de linguagem para interpretação da lista e identificação de produtos.

Geolocalização

- GPS do navegador/dispositivo;
- Serviço de mapas/geocodificação.

Análise de dados

- Orange Data Mining.

Desenvolvimento assistido por IA

- Google Antigravity.

23. COMO O ANTIGRAVITY SERÁ UTILIZADO

O Antigravity será utilizado como ambiente principal de desenvolvimento assistido por IA.

A ferramenta poderá auxiliar na criação, organização, implementação, testes e correção do projeto. O Antigravity foi projetado como um ambiente de desenvolvimento agentic/agent-first, permitindo que agentes trabalhem diretamente com editor, terminal e navegador.

O projeto deverá ser desenvolvido por etapas.

Não devemos pedir para a IA criar todo o sistema de uma única vez.

O desenvolvimento deverá seguir:

Planejamento ↓ Estrutura do projeto ↓ Banco de dados ↓ Backend ↓ Scraping ↓ Frontend ↓ IA ↓ Algoritmo de otimização ↓ Integração ↓ Testes ↓ Correções ↓ Deploy

24. ETAPA 1 — PLANEJAMENTO

Antes de escrever código, criar:

- Documento de requisitos;
- Arquitetura;
- Fluxograma;
- Modelo do banco;

- Fluxo do usuário;
- Lista de funcionalidades;
- Definição do MVP.

O Antigravity deverá analisar o projeto antes de começar a programar.

25. ETAPA 2 — CRIAR A ESTRUTURA

Criar uma estrutura organizada:

smartcart/ | +– frontend/ | +– backend/ | +– scraper/ | +– ai/ | +– database/ | +– docs/ | +– README.md

Cada parte deverá possuir uma responsabilidade clara.

26. ETAPA 3 — BANCO DE DADOS

Criar o PostgreSQL.

Implementar as tabelas:

- usuários;
- mercados;
- produtos;
- preços;
- estoque;
- listas;
- itens;
- pedidos;
- entregas.

Criar relacionamentos entre as tabelas.

27. ETAPA 4 — BACKEND

Criar a API do SmartCart usando Node.js e Express.

Endpoints iniciais:

POST /usuarios POST /login

GET /mercados/proximos

GET /produtos

POST /listas

GET /listas/:id

POST /listas/:id/itens

POST /buscar-precos

POST /otimizar-compra

POST /pedidos

GET /pedidos/:id

28. ETAPA 5 — GEOLOCALIZAÇÃO

Implementar a localização do usuário.

O sistema deverá:

1. Solicitar permissão; 2. Obter latitude e longitude; 3. Procurar mercados próximos; 4. Calcular distância; 5. Ordenar os mercados.

29. ETAPA 6 — SCRAPING

Criar o primeiro scraper.

Não começar com vários supermercados.

Primeiro:

1 supermercado ↓ 1 página ↓ coletar produtos ↓ coletar preços ↓ salvar no banco

Depois testar.

Quando funcionar:

Mercado A + Mercado B + Mercado C

Aumentar gradualmente.

Os scrapers devem respeitar as regras e permissões dos sites utilizados.

30. ETAPA 7 — NORMALIZAÇÃO

Esse será um ponto importante.

Diferentes mercados podem escrever o mesmo produto de maneiras diferentes.

Exemplo:

Arroz Branco 5Kg Arroz Branco 5 kg Arroz Tipo 1 5KG

O sistema deverá identificar que esses produtos podem representar o mesmo tipo de item.

A IA poderá ajudar nessa interpretação.

31. ETAPA 8 — IA

Criar um serviço de IA.

Entrada:

"2 arrozes, leite integral e café pilão"

Saída estruturada:

{ "items": [{ "name": "Arroz", "quantity": 2 }, { "name": "Leite integral", "quantity": 1 }, { "name": "Café Pilão", "quantity": 1 }] }

Essa saída será enviada ao sistema de pesquisa.

32. ETAPA 9 — COMPARADOR

Criar o mecanismo que consulta o banco.

Para cada produto:

Produto ↓ Encontrar mercados ↓ Encontrar preços ↓ Encontrar estoque

↓ Comparar

33. ETAPA 10 — OTIMIZADOR

Criar o algoritmo responsável por encontrar a melhor combinação.

Entrada:

Lista de produtos + Preços + Mercados + Distâncias + Fretes + Disponibilidade

Saída:

Melhor combinação + Valor total + Economia + Mercados utilizados

34. ETAPA 11 — FRONTEND

Criar as telas:

1. Login; 2. Cadastro; 3. Localização; 4. Lista de compras; 5. Pesquisa; 6. Resultados; 7. Carrinho; 8. Divisão entre mercados;

9. Resumo da economia; 10. Pedido; 11. Acompanhamento da entrega.

35. ETAPA 12 — ORANGE DATA MINING

O Orange Data Mining não será responsável pelo funcionamento principal do aplicativo.

Ele será utilizado como ferramenta complementar para análise dos dados coletados.

O Orange possui widgets para importar dados, transformar dados, gerar estatísticas, visualizar informações e executar análises.

Podemos exportar os dados do SmartCart para CSV:

produto,mercado,preco,data Arroz, Mercado A, 22.90, 2026-08-11 Arroz, Mercado B, 19.90, 2026-08-11 Feijao, Mercado A, 8.90, 2026-08-11 Feijao, Mercado B, 7.50, 2026-08-11

Depois importar no Orange.

O Orange pode ser utilizado para:

- Analisar preços;
- Identificar diferenças entre mercados;
- Visualizar distribuição dos preços;
- Analisar evolução dos preços;
- Identificar padrões;
- Criar gráficos;
- Apoiar a apresentação dos resultados.

O widget File do Orange aceita formatos como CSV e Excel, facilitando a entrada dos dados coletados pelo SmartCart.

36. WORKFLOW NO ORANGE

Um possível workflow:

File ↓ Data Table ↓ Select Columns

↓ Statistics ↓ Box Plot ↓ Scatter Plot

Isso permitirá analisar os dados coletados.

Também poderá ser criado um segundo fluxo para analisar preços por mercado e categoria.

37. ETAPA 13 — TESTES

Criar testes para verificar:

Teste 1

Usuário coloca:

arroz

Sistema encontra arroz.

Teste 2

Usuário coloca:

5 produtos

Sistema encontra os cinco.

Teste 3

Produto indisponível.

Sistema apresenta alternativa.

Teste 4

Produto mais barato em outro mercado.

Sistema identifica.

Teste 5

Dividir a compra é mais caro por causa das entregas.

Sistema escolhe um único mercado.

Teste 6

Dividir a compra gera economia.

Sistema divide a compra.

Teste 7

Mercado fora do raio.

Sistema não utiliza o mercado.

38. ETAPA 14 — SEGURANÇA

O sistema deverá proteger:

- Senhas;
- Dados pessoais;
- Endereço;
- Localização;
- Dados de pedidos;
- Informações de pagamento.

Dados de pagamento não deverão ser armazenados diretamente pelo SmartCart quando houver integração real. O ideal é utilizar um provedor de pagamento apropriado.

39. ETAPA 15 — MVP

Para evitar que o projeto fique grande demais, a primeira versão deverá possuir somente o essencial.

MVP:

- Cadastro;
- Localização;
- Lista de compras;
- 3 supermercados;
- Scraping/coleta autorizada;
- PostgreSQL;
- Comparação de preços;
- Algoritmo de otimização;
- IA para interpretar a lista;
- Carrinho otimizado;
- Simulação da entrega.

Não é necessário começar implementando compra e entrega reais.

40. EVOLUÇÃO FUTURA

Depois do MVP:

Fase 2

- Mais supermercados;
- Mais produtos;
- Melhor algoritmo;
- Histórico de preços.

Fase 3

- APIs oficiais de supermercados;
- Compra real;
- Integração com pagamento;
- Integração logística.

Fase 4

- Aplicativo mobile;
- Rastreamento da entrega;
- Mais recursos de IA;
- Expansão para outras categorias de produtos.

41. EXEMPLO COMPLETO DE FUNCIONAMENTO

O usuário abre o SmartCart.

O sistema solicita a localização.

O usuário permite.

O sistema encontra:

Mercado A — 1,5 km Mercado B — 2,3 km Mercado C — 4,1 km

O usuário escreve:

"2 arroz, feijão, leite e café"

A IA interpreta a lista.

O sistema pesquisa os produtos nos três mercados.

Resultado:

ARROZ A — R$ 22,90 B — R$ 19,90 C — R$ 21,90

FEIJÃO A — R$ 8,90 B — R$ 7,90 C — R$ 9,50

LEITE A — R$ 6,50 B — R$ 5,49 C — R$ 5,99

CAFÉ A — R$ 18,90 B — R$ 16,90 C — R$ 15,90

O algoritmo calcula as possibilidades.

Ele considera também as entregas.

Depois apresenta:

Melhor combinação encontrada

Mercado B

- Arroz — R$ 19,90
- Feijão — R$ 7,90
- Leite — R$ 5,49

Mercado C

- Café — R$ 15,90

Produtos:

R$ 49,19

Entregas:

R$ 8,00

Total:

R$ 57,19

Economia:

R$ 13,80

O usuário confirma.

O SmartCart gera os pedidos e, na versão acadêmica, apresenta a entrega como simulada.

42. OBJETIVO FINAL

O SmartCart deve ser apresentado como um sistema que transforma uma tarefa manual em um processo automatizado.

O usuário fornece somente:

Onde está + o que precisa comprar.

O SmartCart faz:

Localizar → Pesquisar → Comparar → Otimizar → Montar → Comprar → Entregar.

A Inteligência Artificial ajuda a entender a lista e identificar produtos.

O scraping coleta os dados dos supermercados quando permitido.

O PostgreSQL armazena e organiza os dados.

O algoritmo calcula a melhor combinação de compras.

A geolocalização encontra os mercados relevantes.

O Orange Data Mining ajuda a analisar os dados coletados.

E o Antigravity será utilizado como ambiente de desenvolvimento assistido por IA para construir, testar e evoluir o sistema.

43. RESULTADO ESPERADO

Ao final do projeto, deverá existir um protótipo funcional do SmartCart capaz de demonstrar:

1. Usuário entrando no sistema; 2. Localização sendo identificada; 3. Lista de compras sendo criada;

4. IA interpretando a lista; 5. Mercados próximos sendo encontrados; 6. Dados de produtos sendo coletados; 7. Preços sendo armazenados; 8. Produtos sendo comparados; 9. Algoritmo encontrando a melhor combinação; 10. Carrinho sendo dividido entre mercados; 11. Economia sendo calculada; 12. Pedido sendo criado; 13. Entrega sendo simulada; 14. Dados podendo ser analisados no Orange Data Mining.

CONCEITO FINAL

SmartCart — seu carrinho inteligente.

Você diz o que precisa. O SmartCart encontra onde comprar mais barato.

O objetivo não é simplesmente mostrar preços.

O objetivo é automatizar a decisão de compra, encontrando a melhor combinação possível entre diferentes supermercados próximos e entregando uma solução simples para o consumidor.

44. INSTRUÇÃO FINAL PARA O DESENVOLVIMENTO

Ao utilizar este documento no Antigravity, não implemente todo o projeto de uma única vez.

Trabalhe de forma incremental.

Para cada etapa:

1. Analise os requisitos; 2. Explique o que será desenvolvido; 3. Crie a estrutura necessária; 4. Implemente; 5. Execute testes; 6. Corrija erros; 7. Verifique se a funcionalidade está funcionando; 8. Só então avance para a próxima etapa.

Nunca remova funcionalidades existentes sem autorização.

Mantenha o código organizado, documentado e modular.

Priorize primeiro o MVP funcional e depois implemente funcionalidades adicionais.

O projeto deve sempre manter seu objetivo principal:

Encontrar automaticamente a maneira mais econômica e conveniente de realizar a lista de compras do usuário utilizando supermercados próximos, dados de preços, geolocalização, Inteligência Artificial e otimização.

LEITURAS COMPLEMENTARES INDICADAS PELA EDIÇÃO

SmartCart

As indicações abaixo foram localizadas em fontes primárias e se relacionam ao tema do projeto. Não são atribuídas como bibliografia utilizada pelos estudantes. Outras indicações herdadas da curadoria, ainda não verificadas, constam apenas do quadro separado; a pertinência e a eventual incorporação ao argumento exigem validação dos autores. Não constituem certificação dos resultados do projeto.

CHABANE, Nail; BOUAOUNE, Mohamed Achraf; TIGHILT, Reda Amir Sofiane; MAZOURE, Bogdan; TAHIRI, Nadia; MAKARENKOV, Vladimir. Using Clustering and Machine Learning Methods to Provide Intelligent Grocery Shopping Recommendations. *In:* BRITO, Paula; DIAS, José G.; LAUSEN, Berthold; MONTANARI, Angela; NUGENT, Rebecca (ed.). **Classification and Data Science in the Digital Age**. Cham: Springer, 2023. p. 83–91. DOI: 10.1007/978-3-031-09034-9_10.

EKREN, Banu Y.; PEROTTI, Sara; FORESTI, Laura; PRATAVIERA, Lorenzo. Enhancing E-Grocery Order Fulfillment: Improving Product Availability, Cost, and Emissions in Last-Mile Delivery. **Electronic Commerce Research**, v. 25, n. 3, p. 2417–2455, 2025. DOI: 10.1007/s10660-023-09799-x.

SUZUKI, Takayuki; GOTO, Yusuke. Development of a Product Recommendation Method for the Real-Time Cart Context in Supermarkets by Integrating Cooking Recipes and Purchase Co-occurrences. **The Review of Socionetwork Strategies**, v. 18, n. 2, p. 279–301, 2024. DOI: 10.1007/s12626-024-00171-5.

AGRADECIMENTOS

Contribuições à proposta

A edição registra o agradecimento à Profa. PhD Débora Machado pelo apoio ao trabalho pedagógico e ao Diretor e Professor Marcelo Krokoscz pelo incentivo à formação científica e tecnológica, conforme os créditos existentes. Esses agradecimentos não constituem prova de aprovação desta revista, de seus artigos ou dos ambientes experimentais.

São preservados os agradecimentos aos docentes do curso, às equipes técnicas e às famílias, bem como o reconhecimento das contribuições de Aguinaldo Alberto de Sousa Júnior e Hebert Alquimim ao desenvolvimento dos projetos. A organização e a curadoria também incluem Robson de Oliveira Cardoso, conforme a composição solicitada.

A preparação dos trabalhos articula perguntas, pesquisa, orientação e experimentação. A participação de avaliadores e visitantes na FECART 2026 permanece prevista na data de corte deste relato; não é apresentada como avaliação pública já concluída.

Idealizadores, Coordenação Científica

Prof. PhD. Rafael Rossetti

Prof. Msc. Luis Pires

A idealização refere-se exclusivamente à proposta editorial da revista, não ao FECART, aos trabalhos dos estudantes ou a diretrizes institucionais.

Editores e Revisores Científicos

Profa. PhD Débora Machado

Prof. PhD. Rafael Rossetti

Prof. Msc. Luis Pires

Organização e Curadoria Editorial

Rafael Rossetti

Luis Pires

Aguinaldo Alberto de Sousa Júnior

Hebert Alquimim

Robson de Oliveira Cardoso

NOTA DE EDIÇÃO

Tratamento realizado e limites

Os 33 projetos foram inventariados e tiveram o texto disponível recomposto em arquivos LaTeX, com títulos, autoria, afiliação, margens, corpo e paginação comuns. As referências originais e os elementos científicos recuperados não são substituídos pelas leituras complementares da curadoria. Não se pretende manter a paginação da versão anterior.

As alterações de identidade, créditos, apresentação institucional, declarações de IA e condição experimental dos ambientes integram esta versão. O relato docente foi revisto como sistematização pedagógica do curso, sem autocitações a um suposto documento normativo independente.

Extrações de PDF e normalizações tipográficas requerem cotejo com os originais, especialmente para fórmulas, dados, tabelas, figuras e referências. A recomposição não significa homologação de resultados. Cada projeto possui registro no controle de cobertura, e os problemas remanescentes devem ser resolvidos com os autores antes da publicação.

Os documentos separados de avaliação registram solicitações, alterações, localizações e pendências, bem como fichas técnicas dos ambientes. Autorizações, segurança, tratamento de dados, direitos de publicação e aprovação de marcas são questões de avaliação institucional, não conclusões produzidas pela revisão editorial.

REFERÊNCIAS EDITORIAIS CITADAS

Apresentação e relato docente

Estas referências correspondem às citações nos textos editoriais e no relato de abertura. As referências dos estudantes e as leituras complementares estão identificadas junto aos projetos.

ALBINO, Vito; BERARDI, Umberto; DANGELICO, Rosa Maria. Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives. **Journal of Urban Technology**, v. 22, n. 1, p. 3–21, 2015. DOI: 10.1080/10630732.2014.942092.

BARBOSA, Eduardo Fernandes; MOURA, Dácio Guimarães de. Metodologias ativas de aprendizagem na Educação Profissional e Tecnológica. **Boletim Técnico do Senac**, v. 39, n. 2, p. 48–67, 2013. DOI: 10.26849/bts.v39i2.349.

BELL, Stephanie. Project-Based Learning for the 21st Century: Skills for the Future. **The Clearing House**, v. 83, n. 2, p. 39–43, 2010. DOI: 10.1080/00098650903505415.

BLUMENFELD, Phyllis C.; SOLOWAY, Elliot; MARX, Ronald W.; KRAJCIK, Joseph S.; GUZDIAL, Mark; PALINCSAR, Annemarie. Motivating Project-Based Learning: Sustaining the Doing, Supporting the Learning. **Educational Psychologist**, v. 26, n. 3-4, p. 369–398, 1991. DOI: 10.1080/00461520.1991.9653139.

CARAGLIU, Andrea; DEL BO, Chiara; NIJKAMP, Peter. Smart Cities in Europe. **Journal of Urban Technology**, v. 18, n. 2, p. 65–82, 2011. DOI: 10.1080/10630732.2011.601117.

CRESTANI, Carlos Eduardo; MACHADO, Márcio Bender. Aprendizagem baseada em projetos na educação profissional e tecnológica como proposta ao ensino remoto forçado. **Revista Brasileira de Educação**, v. 28, e280048, 2023. DOI: 10.1590/S1413-24782023280048.

FECAP. **FECART 2026 abre as portas da FECAP com projetos criados por estudantes do Colégio**. 2 set. 2026. Disponível em: https://www.fecap.br/2026/09/02/fecart-2026-abre-as-portas-da-fecap-com-projetos-criados-por-estudantes-do-colegio/. Acesso em: 7 set. 2026.

GUO, Pengyue; SAAB, Nadira; POST, Lysanne S.; ADMIRAAL, Wilfried. A Review of Project-Based Learning in Higher Education: Student Outcomes and Measures. **International Journal of Educational Research**, v. 102, p. 101586, 2020. DOI: 10.1016/j.ijer.2020.101586.

MIAO, Fengchun; SHIOHIRA, Kelly; LAO, Natalie. **AI Competency Framework for Students**. Paris: UNESCO, 2024. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000391105. Acesso em: 18 ago. 2026.

UNESCO. **Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence**. Paris: UNESCO, 2021. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137. Acesso em: 18 ago. 2026.

CRÉDITOS FINAIS

Estudantes participantes

Esta proposta editorial registra a relação fornecida de estudantes das quatro turmas do curso técnico de Inteligência Artificial do Colégio FECAP. A correspondência com a autoria dos projetos é documentada no quadro de conferência separado; a listagem não atribui coautoria indiscriminada.

TURMA 1 IA · A

Arthur Kochi Suzuki

Arthur Tuccio

Caroline Kaori Hirano Nishimori

Diego Pires Reinato

Eduardo Pinheiro Dantas

Gabriel Mourisco

Guilherme Botelho Silva

Gustavo Lopez Martini

Gustavo Pereira Silva

Henrique Amaral Borges

Joao Gabriel Freire Faxina

Joao Gouvea Ferreira

Joao Vitor Takiy Olo

Julia Santana Silveira

Luis Kenji Okuda Okasawa

Mariana Vicente de Souza

Nicolas Kenzo Kawakami Goya

Renato Lima de Oliveira

Vitoria Barreto Sousa

TURMA 1 IA · B

Angelo Hugo Olivares Bassi

Carlos Eduardo de Oliveira Lima

Davi Jun Horii dos Santos

Dilan Hideki Nakashima Schmidt

Felipe Bravi Teixeira

Giancarlo Ferreira Vilardo

Guilherme Duarte Araujo

Guilherme Fernandes Peschiera

Gustavo Fernandes Franco

Joao Pedro Oliva de Jesus

Joao Victor Rovito Ozzetti

Julia Cerqueira Aguiar

Kenzo Arita Fugimoto

Leonardo Barbosa Bragantini

Leonardo Colin A R Gouvea

Lorenzo Beltrami Scorza

Lucas Faria Lopes

Lucca Rodrigues Frazili

Maria Laura Pizza Pereira

Miguel Franco Fernandes Gioielli

Miguel Homem de Melo Oliveira

Miguel Leme Gomes

Murilo Giubertoni Braga Santos

Pedro Souza Oliveira

Pedro Victorio dos Santos Forseto

Raul Cassemiro Mattos

Thales Serafim de sa

Thiago Pereira Costa

Vitor Roveri Santos

TURMA 2 IA · A

Beatriz Lancellotti Albanez Fernandes

Bernardo Pereira Pegorelli

Carlos Henrique Matos de Freitas

Davi Hwan ho Cho

Davi Lin Braga

Davi Maia Chieregate

Felipe Ferreira de Souza

Gabriel Araujo de Carvalho

Guilherme Hatori Calligari

Heitor Jardim de Souza

Isaac Zion Correa da Silva

Jean Victor Reinaldo de Santana

Laura Berti Pontes

Leonardo Yuto Okumura Manzano

Lucas Gomes Dias

Lucas Kenzo Yasuda

Lucas Sammartino São Marcos

Lucca Cappellano Paniagua

Luiz Felipe Costa Valentim

Manuella Moretti Landim

Melissa Nunes de Oliveira

Raissa Ramos

Victor Takayama Teixeira

TURMA 2 IA · B

Afonso Akune Silva

Arthur Schiavetto Costa Ribeiro

Bernardo Rebello Camillo

Bruno Camisa Nova Prado

Catarina Esposito de Souza

Eduardo Genari Brambilla

Enzo Luciano Bido

Enzo Toshiyuki Costa

Felipe Albuquerque Souza

Felipe Barrence Sonsin

Felipe Menezes Gonçalves

Gabriel Barrote Balieiro

Gabriel Lopes Crespo

Guilherme Herrera Gallon

Guilherme Sousa dos Santos

Henrique Salim

João Pedro da Costa Marçal

Lana Sayuri Sato

Lara Estevão Lacerda

Laura Peluso Oliveira de Souza

Lucas Barberi Marasan

Nicolas Kutinskas Fumes

Pedro Henrique Parras Gonçalves

Rafael de Angelo Mirabeti

Renan Morellato Ribeiro

Thiago de Almeida Durand

Conexões Colégio FECAP · 97 nomes na relação fornecida · 33 projetos

Conexões Colégio FECAP

Revista de Educação Técnica, Ciência e Inovação

Smart City

Inteligência Artificial e soluções
para cidades mais humanas.



Versão para avaliação institucional

Nome e identidade propostos para avaliação.
Produção discente do curso técnico de Inteligência Artificial.
Colégio FECAP · FECART 2026
Avaliação acadêmica, técnica e institucional pendente.