

Um Sistema Integrado para Monitoramento e Análise da Segurança Pública Urbana (SISMAP)

Pablo Nobre de Oliveira¹, Hidelbrando Ferreira Rodrigues², Rainer Xavier de Amorim¹

¹Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia – Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

²Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

{pablo.oliveira, hrodrigues, raineramorim}@ufam.edu.br

Abstract. *Urban public security requires integrated platforms and analytical rigor in the face of rapid urbanization and the dispersion of heterogeneous data. This article presents the Integrated System for Monitoring, Geospatial Analysis, and Evaluation of Urban Public Security (SISMAP), a web-based system that centralizes the recording and analysis of criminal incidents, provides multilayer geospatial visualizations, applies time-series predictive models (Prophet), and performs operational efficiency evaluation through Data Envelopment Analysis. By transforming dispersed data into clear indicators, SISMAP supports decision-makers in formulating evidence-based policies and optimizing resource allocation.*

Resumo. *A segurança pública urbana requer plataformas integradas e rigor analítico diante da rápida urbanização e da dispersão de dados heterogêneos. Este artigo tem por objetivo apresentar o Sistema Integrado para Monitoramento, Análise Geoespacial e Avaliação da Segurança Pública Urbana (SISMAP), um sistema web que centraliza o registro e a análise de ocorrências criminais, oferece visualizações geoespaciais multicamada, aplica modelos preditivos de séries temporais (Prophet) e realiza avaliação de eficiência operacional por meio de Análise por Envoltória de Dados. Ao transformar dados dispersos em indicadores claros, o SISMAP apoia gestores na formulação de políticas baseadas em evidências e na otimização da alocação de recursos.*

1. Introdução

A segurança pública urbana se consolidou como um dos desafios mais complexos da governança contemporânea, marcada pela rápida urbanização e pela insuficiente expansão de infraestrutura e serviços sociais, fatores que intensificam conflitos e fragmentam o registro de ocorrências criminais [Soares and de Azevedo 2016]. Em resposta a essa complexidade, torna-se urgente superar o modelo puramente reativo de gestão de crises e adotar abordagens proativas de prevenção e controle de riscos, capazes de antecipar tendências e orientar políticas públicas [Liu 2023].

A lacuna na literatura reside na carência de plataformas que não apenas integrem múltiplas fontes de dados de segurança, mas que também combinem, em um único ambiente, análises preditivas, avaliações de eficiência operacional e visualizações geoespaciais interativas. A maioria das soluções existentes foca em apenas um desses aspectos, limitando o suporte à tomada de decisão estratégica. Este trabalho justifica-se pela necessidade de uma solução holística que capacite os gestores de segurança pública a transitar

de uma postura reativa para uma abordagem proativa, baseada em evidências robustas e análise de dados integrada.

Como principal resultado, este artigo apresenta um protótipo funcional do SISMAP, validado com dados históricos, que demonstra a viabilidade da integração de modelos analíticos avançados em uma interface web intuitiva. O sistema centraliza indicadores-chave, permite a exploração de hotspots criminais e oferece uma avaliação comparativa da eficiência policial. A síntese dos resultados evidencia o potencial da ferramenta para otimizar a alocação de recursos e apoiar o planejamento de operações de segurança, configurando um avanço tangível no campo da criminologia computacional.

Para os fins deste trabalho, entende-se por *sistema web integrado* uma plataforma única que unifica coleta, processamento e apresentação de dados; *visualização geoespacial multicamada* a sobreposição de diferentes camadas temáticas para evidenciar padrões criminais [Cesario et al. 2024]; *modelagem preditiva de séries temporais* a aplicação de algoritmos (por exemplo, Prophet [Taylor and Letham 2018]) para projetar a evolução de indicadores; e *Análise por Envoltória de Dados* (DEA) a técnica de eficiência relativa que compara unidades diante de múltiplos insumos e produtos [ying Zeng 2019].

A metodologia envolveu o desenvolvimento de uma arquitetura modular orientada a serviços (com backend em FastAPI (Python [Python Software Foundation 2024]) [Ramírez 2018] e frontend em Jinja2/JavaScript [Pallets Projects 2024])), a integração de ferramentas de geovisualização e análise preditiva, e a validação por meio de estudo de caso em ambiente urbano real. Este artigo tem por objetivo apresentar o SISMAP, detalhar sua arquitetura conceitual e tecnológica, e demonstrar como suas funcionalidades analíticas e geoespaciais contribuem para a formulação de políticas públicas baseadas em evidências.

O restante do artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta a fundamentação teórica; a Seção 3 descreve o método de pesquisa utilizado; a Seção 4 detalha a arquitetura do sistema; a Seção 5 apresenta os resultados do protótipo e discute as implicações e desafios; e, por fim, a Seção 6 traz as conclusões.

2. Fundamentação Teórica

A base teórica do SISMAP se sustenta em conceitos de criminologia e ciência de dados.

2.1. Conceitos e Tecnologias-Chave

Pilares conceituais como a análise de “hotspots criminais” — áreas de elevada densidade de ocorrências identificadas por clusterização [Cesario et al. 2024] — e a “previsão temporal” com modelos como Prophet [Taylor and Letham 2018] são fundamentais para antecipar sazonalidades na criminalidade e subsidiar abordagens proativas [Liu 2023]. Adicionalmente, a Análise por Envoltória de Dados (DEA) é empregada como uma técnica de eficiência relativa que compara unidades policiais de forma justa, utilizando abordagens dependentes de contexto para agrupar unidades com características socioeconômicas similares [ying Zeng 2019]. Por fim, Sistemas de Informação Geográfica (GIS) e sensoriamento remoto são utilizados para integrar e visualizar dados espaciais, mapeando padrões de criminalidade e infraestrutura [Yan et al. 2015].

2.2. Trabalhos Correlatos

A análise de trabalhos correlatos posiciona a contribuição do SISMAP no cenário científico. Enquanto algoritmos como o *Multi-density Crime Predictor* focam na detecção precisa de hotspots [Cesario et al. 2024], o SISMAP avança ao incorporar um preditor similar em um ambiente web integrado, com dashboards interativos. De forma análoga, abordagens que aplicam DEA para avaliar a eficiência da segurança pública de forma estática [ying Zeng 2019] são superadas pela integração dinâmica da análise DEA no SISMAP, que permite filtrar e visualizar a eficiência em dashboards geoespaciais. O sistema também estende propostas de plataformas de gerenciamento de riscos [Liu 2023] ao centralizar, em um fluxo unificado, múltiplas camadas de visualização (GIS, Kepler.gl [Uber Open Source 2018]), modelos avançados de previsão (Prophet) e avaliação de eficiência (DEA), consolidando uma solução mais completa para a tomada de decisão.

3. Método da Pesquisa

A metodologia de pesquisa combinou uma revisão sistemática da literatura com a consulta a fontes primárias para as escolhas tecnológicas. Enquanto a revisão sistemática foi fundamental para mapear o estado da arte, a implementação de um sistema robusto exigiu o recurso a fontes seminais que validam a escolha de tecnologias, como a documentação de frameworks (e.g., FastAPI) e os artigos que introduziram modelos como o Prophet. Essas fontes técnicas são cruciais para o rigor e a reproduzibilidade da pesquisa.

O protocolo da revisão sistemática seguiu quatro fases: planejamento, busca, triagem e síntese. No planejamento, definiram-se questões de pesquisa sobre métodos de avaliação, integração de dados, funcionalidades de sistemas e desafios de implementação, além de um protocolo com escopo temporal (2014–2024) e termos de busca. A exceção é o estudo P01 (2010), incluído por ser uma referência seminal na área, fundamental para contextualizar a evolução das políticas de segurança no Brasil. A busca em bases como Google Scholar e IEEE Xplore, com expressões como “Urban Public Safety” AND “Data Envelopment Analysis”, retornou 410 registros, dos quais 75 passaram para a fase de triagem. A aplicação de critérios de inclusão e exclusão, como relevância e disponibilidade do texto completo, resultou na seleção final de 6 estudos para análise detalhada, conforme sintetizado na Tabela 1. Para cada estudo, foram extraídos objetivo, método e resultados, que orientaram a arquitetura do SISMAP e a identificação de categorias metodológicas relevantes (Tabela 2).

Tabela 1. Estudos finais incluídos a partir da revisão sistemática

ID	Título (abreviado)	Ano
P01	Política de Segurança no Brasil	2010
P02	Gestão, Conflitos e TI na Segurança	2016
P03	Risk Prevention & Control System	2023
P04	DEA Context-Dependent e DEASort	2019
P05	Segurança via Sensoriamento Remoto & GIS	2015
P06	Multi-density Crime Predictor	2024

A fase de planejamento definiu critérios de inclusão estritos, como artigos que apresentassem implementações práticas ou modelos teóricos de sistemas de segurança

urbana com análise de dados, e critérios de exclusão, como trabalhos que abordassem segurança de uma perspectiva puramente sociológica ou legal, sem componentes tecnológicos. A triagem foi realizada em duas etapas: primeiramente pela análise de títulos e resumos e, em seguida, pela leitura completa dos artigos pré-selecionados para confirmar sua relevância. A etapa de síntese envolveu a extração estruturada de informações, que foram consolidadas para orientar a definição dos requisitos funcionais e não funcionais do SISMAP.

Paralelamente à revisão, e como parte da consulta a fontes primárias, foi estabelecida uma colaboração de um ano com o Batalhão de Polícia de Itacoatiara para testar e validar o SISMAP com dados reais. Esta etapa prática foi crucial para alinhar os requisitos do sistema com as necessidades operacionais dos usuários finais. No entanto, os registros só foram disponibilizados após cerca de oito meses de diálogo – um prazo necessário devido à sensibilidade das informações envolvidas. Durante esse período, foi implementado um tratamento avançado de dados que respeita integralmente a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), omitindo qualquer informação pessoal sensível para garantir a privacidade e a segurança jurídica da solução.

Tabela 2. Categorias de métodos identificados na revisão

Categoria	Descrição resumida
Hotspot Detection	Clusterização e mapas georreferenciados adaptativos.
Previsão Temporal	Modelos de séries (SARIMA, LSTM, Prophet) para tendências.
Eficiência Operacional (DEA)	Avaliação comparativa segmentada (DEA dependente de contexto).
Geovisualização & GIS	Multicamadas temáticas e sensoriamento remoto.
Big Data	Processamento em tempo real de grandes volumes para riscos.

4. Arquitetura e Componentes do Sistema SISMAP

Para atender aos requisitos de integração e análise, o SISMAP adota uma arquitetura modular e orientada a serviços, descrita em três níveis: lógico, de implementação e de fluxo de dados.

No nível lógico (Figura 1), o sistema é estruturado em três camadas principais: uma camada de apresentação (portal web com dashboards e mapas), uma camada de serviços (backend com a API RESTful [Fielding 2000] e os modelos analíticos) e uma camada de dados (banco de dados e repositórios). Uma camada transversal de segurança implementa autenticação e controle de acesso em todo o sistema.

Para garantir escalabilidade e manutenibilidade, a implementação adota uma arquitetura de microserviços (Figura 2) [Fowler and Lewis 2014]. Cada serviço encapsula uma capacidade de negócio e opera de forma independente, comunicando-se através de um API Gateway e de um barramento de eventos assíncrono. Esse design desacopla os serviços e aumenta a resiliência do sistema, permitindo que módulos como o de análise preditiva reajam a eventos de forma autônoma.

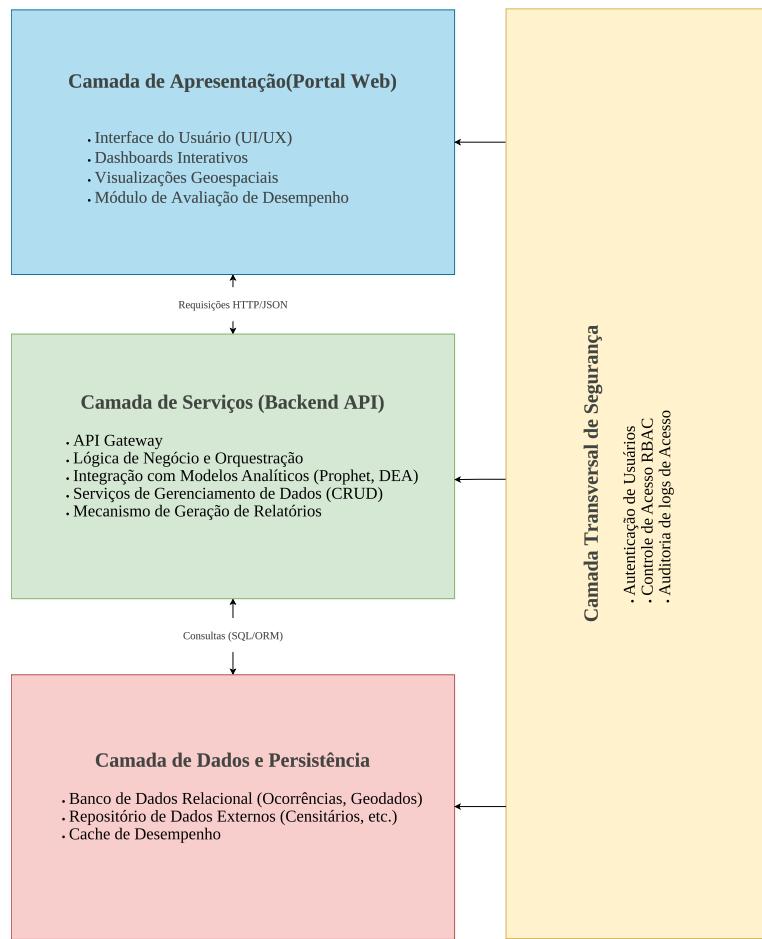


Figura 1. Camadas lógicas do SISMAP: apresentação, serviços, dados e segurança transversal.

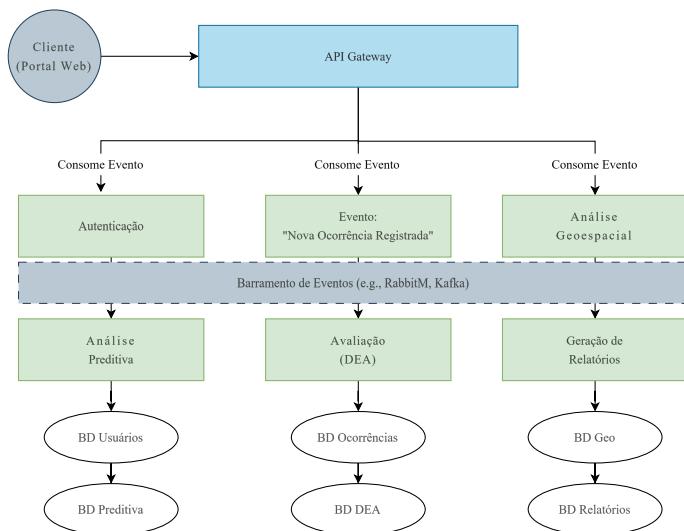


Figura 2. Arquitetura de microsserviços proposta para o SISMAP.

O ciclo de vida da informação (Figura 3) detalha o processo de geração de inteligência, que se inicia com a coleta de dados de diversas fontes (registros policiais, IBGE) e sua ingestão na plataforma. As informações são consolidadas em um Data Warehouse, onde o motor analítico aplica estatísticas, clusterização espacial, modelagem preditiva e avaliação de eficiência (DEA). Os resultados são transformados em dashboards, mapas e alertas que apoiam a tomada de decisão. As ações e intervenções resultantes geram novos dados que realimentam o sistema, fechando um ciclo de melhoria contínua.

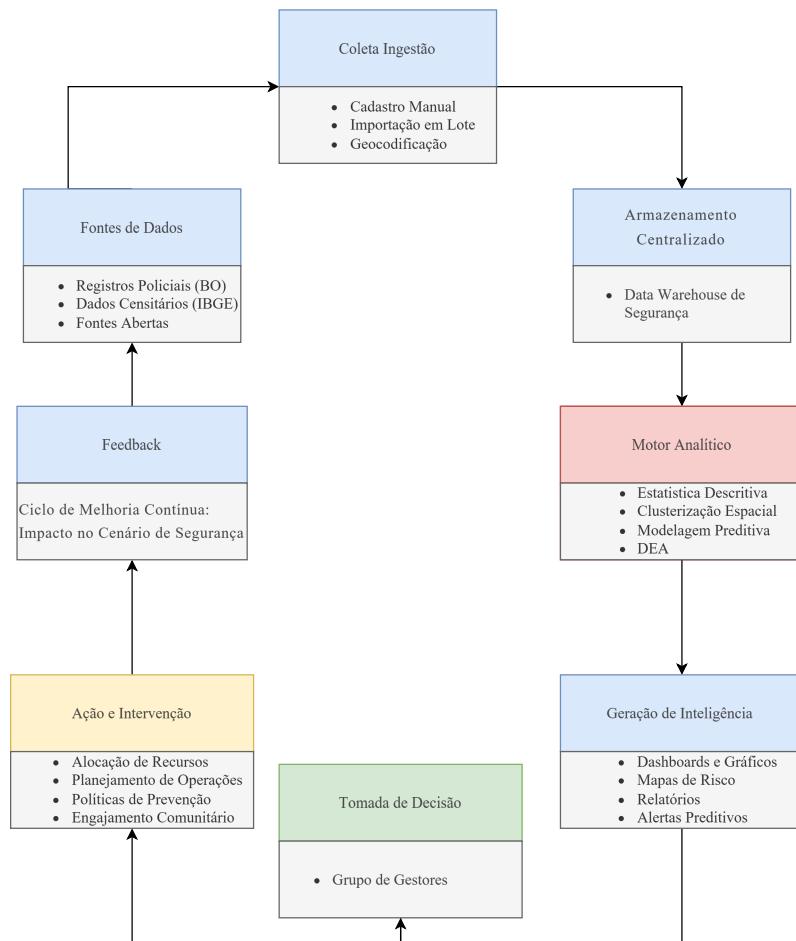


Figura 3. Fluxo de dados e geração de inteligência no SISMAP.

5. Resultados e Discussão

O desenvolvimento do protótipo funcional do SISMAP permitiu validar a operacionalização das funcionalidades concebidas. Esta seção apresenta os resultados obtidos por meio das interfaces do sistema, demonstrando como a plataforma traduz dados complexos em inteligência acionável para o gestor de segurança pública. O painel analítico principal, ilustrado na Figura 4, centraliza indicadores-chave de desempenho (KPIs) e gráficos dinâmicos. Essa visão consolidada permite ao gestor monitorar a evolução das ocorrências, identificar tendências e avaliar o impacto de ações estratégicas em um único ambiente, otimizando o tempo de análise.

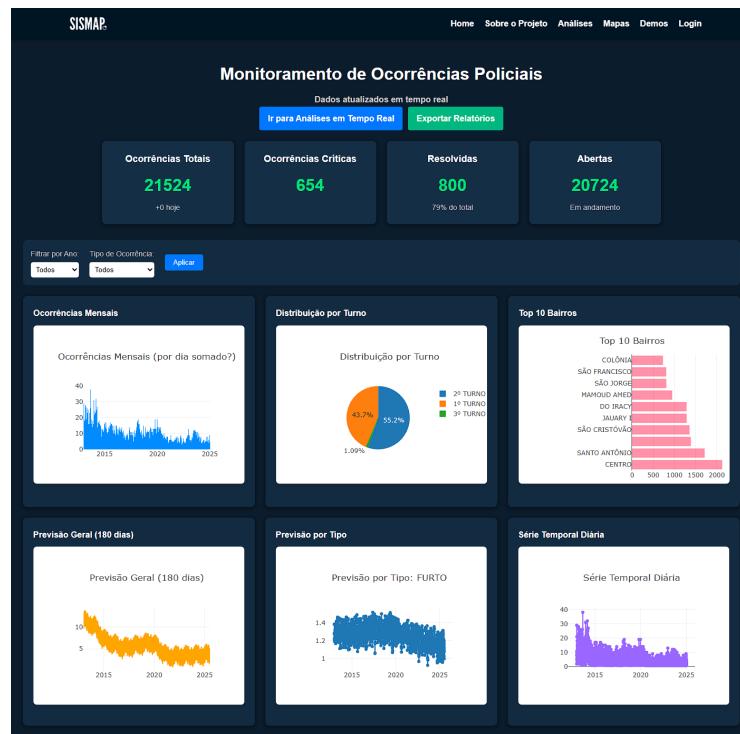


Figura 4. Painel de controle com dashboards analíticos do SISMAP.

Além da visão gerencial, a plataforma aprofunda a análise no nível territorial. A Figura 5 exibe a interface de mapeamento por bairros, onde é possível visualizar a distribuição geográfica das ocorrências e acessar estatísticas para cada setor.

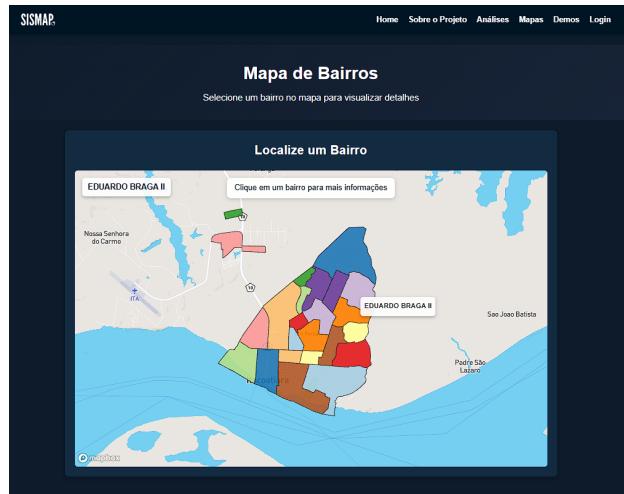


Figura 5. Mapa interativo com a divisão de bairros e estatísticas associadas.

A interatividade do mapa permite que o gestor selecione uma área de interesse para obter um diagnóstico ainda mais detalhado, como ilustrado na Figura 6. Essa funcionalidade é essencial para entender as dinâmicas criminais locais e direcionar o policiamento com base em evidências.

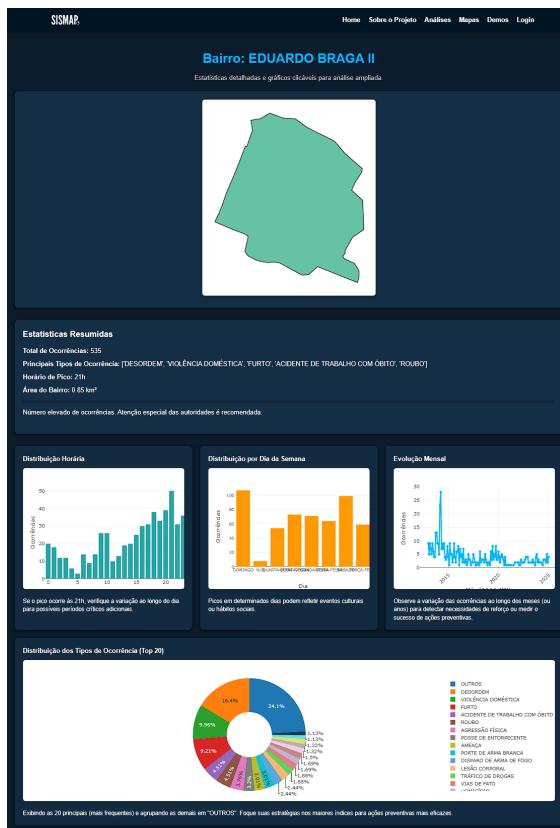
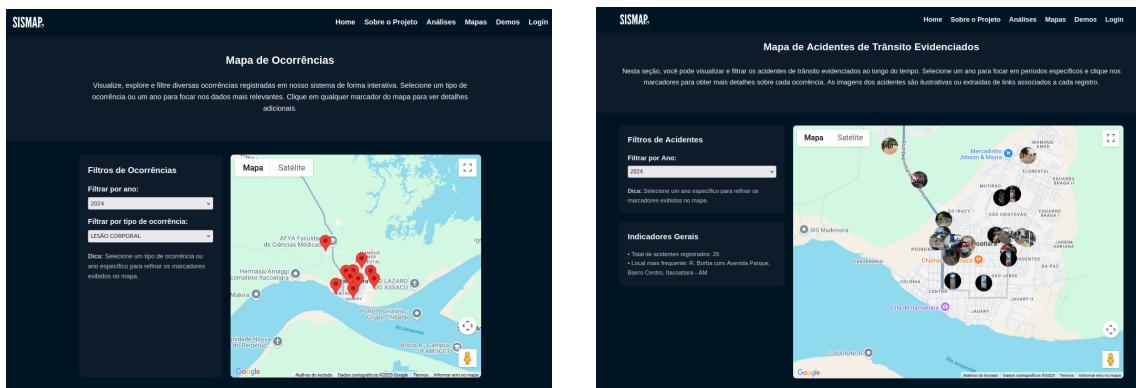


Figura 6. Visualização detalhada das estatísticas de um bairro específico.

A plataforma também permite a exploração detalhada de diferentes tipos de ocorrências e a correlação com fontes de dados externas. A Figura 7 ilustra essa flexibilidade com duas visualizações distintas: (a) um mapa de ocorrências que pode ser filtrado por tipo e ano, focando em incidentes específicos; e (b) um mapa que contextualiza acidentes de trânsito com materiais de referência, como notícias, enriquecendo a análise.



(a) Mapa de ocorrências filtradas.

(b) Mapa de acidentes com evidências.

Figura 7. Interfaces de mapeamento exploratório do SISMAP.

O SISMAP também oferece ferramentas para a comunicação formal dos achados e para o planejamento de ações futuras. A interface de geração de relatórios (Figura 8)

permite criar documentos personalizados, enquanto o painel de monitoramento (Figura 9) foi projetado para suportar a análise de dados em tempo real. Juntos, esses componentes capacitam os órgãos de segurança a responderem de forma mais rápida e eficaz a eventos emergentes.

Exportar Relatório em PDF

Aviso: A funcionalidade de geração de relatórios dinâmicos ainda está em fase de desenvolvimento e pode sofrer alterações.

Nesta página você pode filtrar os dados da base de ocorrências utilizando os critérios de Bairro, Ano, Tipo de Ocorrência e também escolher a fonte dos dados: Dados Anteriores (Anos Anteriores) ou Banco de Dados (Tempo Real). Após selecionar os filtros desejados, clique em "Gerar PDF" para criar um relatório completo e detalhado.

Fonte de Dados: Dados Anteriores (Anos Anteriores)

Bairro: CENTRO

Ano: Todos

Tipo de Ocorrência: Todos

Gerar PDF

Relatório Extenso de Ocorrências

Filtros Aplicados

Bairro: CENTRO
Ano: Todos
Tipo de Ocorrência: Todos
Total de Ocorrências: 2130

Análise Geral

Neste relatório, foram encontradas 2130 ocorrências de acordo com os filtros aplicados. A seguir, diversos gráficos apresentam uma análise completa: 1) A evolução dos dados ao longo do tempo, que evidencia tendências mensais e anuais; 2) Um heatmap que detalha a distribuição das ocorrências por dia da semana e hora; 3) Os 10 tipos de ocorrências mais frequentes, descrevendo suas principais características; 4) A distribuição por bairro, que mostra a concentração das ocorrências ao longo do dia; 5) Os 10 bairros com maior ocorrência, com suas respectivas taxas de ocorrências, que revelam as áreas mais críticas; 6) Uma previsão de tendências futuras baseada em modelos estatísticos; 7) Um mapa de calor geográfico que ilustra a concentração espacial dos eventos; 8) E a série temporal diária, que demonstra a evolução detalhada dos registros.

Gráfico 1: Top 10 Tipos de Ocorrência

Tipo	Número de Ocorrências
DISPONIBILIDADE	230
RUBRO	180
ROUBO	150
DIREÇÃO PERDIDA	120
ACIDENTE DE TRÂNSITO COM VÍTIMA FERIDA	100
ALARME FALSAMENTE	80
ACESSO FÍSICO	70
ACESSO AUTOMATIZADO	60
ACESSO PÚBLICO	50
PERTURBAÇÃO DO SISTEMA DE GESTÃO	40
PORTA DE ÁREA BRANCA	30

Este gráfico ilustra os dez tipos de ocorrência mais frequentes na base de dados, permitindo identificar rapidamente quais eventos são predominantes.

Figura 8. Interface para a geração de relatórios personalizados.

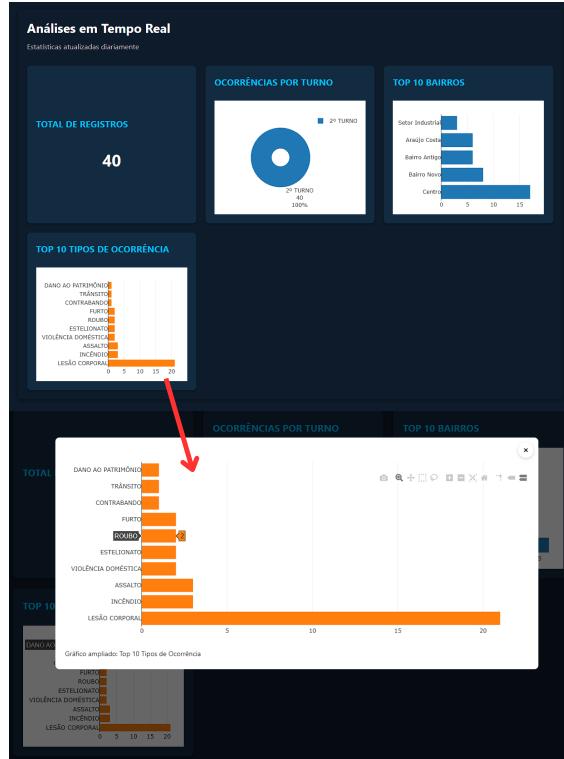


Figura 9. Dashboard para monitoramento de análises em tempo real.

Em termos de resultados, é importante ressaltar que ainda não foi possível validar a análise em tempo real, pois não houve integração com a base de dados diária do Batalhão, que concentra os registros de ocorrências em tempo real. Assim, os testes e as visualizações apresentadas utilizaram exclusivamente dados históricos de anos anteriores. Embora todos os componentes de software para a análise em tempo real já estejam desenvolvidos, a etapa de ingestão e gestão contínua de boletins de ocorrência só poderá ser validada quando o Batalhão passar a operar efetivamente com o sistema, o que configura uma das principais limitações atuais do trabalho.

A principal contribuição do SISMAP, evidenciada pelos resultados do protótipo, é a sua natureza integradora. Um gestor pode, em uma única plataforma, identificar um hotspot de roubos, analisar sua tendência temporal, verificar a eficiência da unidade policial local e planejar operações preventivas. Essa sinergia entre os módulos, que responde diretamente aos desafios da literatura (Tabela 3), torna o SISMAP um verdadeiro sistema de apoio à decisão.

Tabela 3. Mapeamento entre desafios da literatura e capacidades do SISMAP

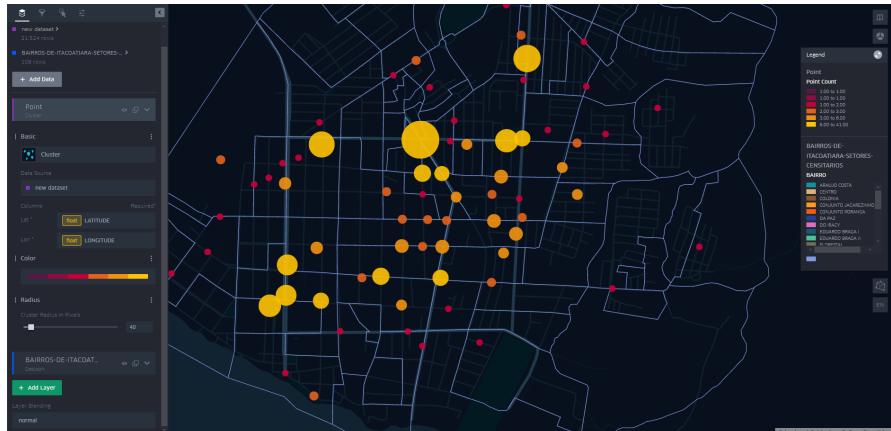
Desafio	Capacidade SISMAP	Referência
Hotspots criminais	Geovisualização e dashboards	[Cesario et al. 2024]
Eficiência relativa	Módulo DEA	[ying Zeng 2019]
Prevenção proativa	Modelagem temporal (Prophet)	[Taylor and Letham 2018, Liu 2023]
Dados estruturados	Sistema de ocorrências	[Soares and de Azevedo 2016]

Um exemplo prático dessa capacidade analítica é a transformação de dados brutos de ocorrências em inteligência visual. O sistema permite que gestores identifiquem rapidamente os pontos críticos que demandam atenção através de múltiplas técnicas de visualização. A Figura 10 agrupa duas abordagens complementares: um mapa de calor que mostra a densidade de acidentes (Figura 10a) e uma visualização de cluster que agrupa os mesmos incidentes por proximidade (Figura 10b). Essa combinação não apenas reforça a identificação das áreas de maior incidência, mas também possibilita uma análise granular dos epicentros exatos, o que é crucial para o posicionamento tático de recursos.

Apesar da robustez técnica, a implementação do SISMAP em órgãos de segurança brasileiros enfrenta barreiras que transcendem o domínio técnico. Problemas de subnotificação e inconsistência no registro de ocorrências são endêmicos [Soares and de Azevedo 2016]. A fragmentação entre polícias Civil, Militar e guardas municipais cria silos de informação que dificultam a visão integrada que o sistema propõe. Superar tais barreiras exige não apenas tecnologia, mas também reformas de governança, mecanismos de cooperação interinstitucional e uma mudança cultural para práticas orientadas a dados.



(a) Mapa de calor (heatmap).



(b) Mapa de clusters.

Figura 10. Técnicas de visualização para análise de hotspots de acidentes com vítimas.

6. Considerações Finais

Este trabalho apresentou o SISMAP, um sistema integrado que se provou funcional e robusto em sua fase de prototipagem. Os principais desafios enfrentados ao longo do projeto, especialmente a negociação para o acesso a dados sensíveis e a complexa adequação aos requisitos da LGPD, forneceram aprendizados valiosos. Mesmo diante dessas limitações, que adiaram a validação de funcionalidades em tempo real, a maioria dos objetivos técnicos propostos foi alcançada com sucesso. Foi definida uma arquitetura de sistema de forma clara, onde foram adotadas soluções escaláveis com FastAPI para o backend e foram aplicadas técnicas avançadas de geoprocessamento com GeoPandas e OSMnx.

Os módulos de análise preditiva e visualização geoespacial foram implementados e validados com dados históricos, demonstrando o potencial da ferramenta. O processo de levantamento e preparação dos dados revelou-se uma etapa crucial e de grande complexidade, fundamental para garantir a qualidade dos resultados e a aderência às normas de segurança.

Assim, os aprendizados práticos não apenas validam a abordagem adotada, mas também orientarão as próximas etapas de integração e validação do SISMAP em um ambiente real de operação. Como trabalhos futuros, o projeto prevê um roadmap de implementação que inclui a integração contínua com a base de dados em tempo real do Batalhão de Polícia, planejada para o primeiro semestre de 2025. Após a integração, será conduzido um projeto piloto para validar a análise de streaming de dados e a reatividade do sistema a eventos emergentes. Futuramente, pretende-se expandir os modelos analíticos, incorporando algoritmos de aprendizado de máquina para detecção de anomalias e recomendação de ações preventivas, consolidando o SISMAP como uma ferramenta de inteligência estratégica. Vale ressaltar que o sistema, atualmente em fase de testes, será disponibilizado em breve como uma plataforma online de acesso público, visando ampliar a transparência e o engajamento da sociedade na gestão da segurança urbana.

Referências

- Cesario, E., Lindia, P., and Vinci, A. (2024). Multi-density crime predictor: An approach to forecast criminal activities in multi-density crime hotspots. *Journal of Big Data*, 11(1).
- Fielding, R. T. (2000). *Architectural styles and the design of network-based software architectures*. PhD thesis, University of California, Irvine.
- Fowler, M. and Lewis, J. (2014). Microservices. Acessado em: 2024-05-15.
- Liu, X. (2023). *Risk Prevention and Control System of Urban Public Security*. East China University of Science and Technology Press Co., Ltd. and Springer Nature Singapore Pte Ltd., Shanghai. pp. 137–138.
- Pallets Projects (2024). Jinja2 Documentation. Acessado em: 2024-05-15.
- Python Software Foundation (2024). Python Language Reference. Acessado em: 2024-05-15.
- Ramírez, S. (2018). FastAPI. Acessado em: 2024-05-15.
- Soares, L. E. and de Azevedo, R. G. (2016). *Segurança Pública: Gestão, Conflitos, Criminalidade e Tecnologia da Informação*. GAPTA / Edições Uni-CV, Belém; Praia. pp. 99–102, 117–119, 171–174, 213–218.
- Taylor, S. J. and Letham, B. (2018). Prophet: forecasting at scale. *The American Statistician*, 72(1):29–35.
- Uber Open Source (2018). Kepler.gl. Acessado em: 2024-05-15.
- Yan, X., Li, X., and Lin, D. (2015). *Assessing Urban Public Security Based on Remote Sensing and GIS*. Fujian Mapping Institute and Jiangxi Normal University, Fuzhou; Nanchang.
- ying Zeng, Y. (2019). Urban public safety risk assessment of 35 cities in china based on context-dependent dea approach and deasort. In *E3S Web of Conferences*, Wuhan.