

Arquitetura tecnológica para sistemas inteligentes de videomonitoramento na administração pública municipal: proposta do modelo MAT-VIG a partir do estudo de caso do município de Queimados/RJ

Technological architecture for intelligent video surveillance systems in municipal public administration: proposal of the MAT-VIG model based on a case study of the municipality of Queimados, Rio de Janeiro, Brazil

David Eduardo da Silva¹

Resumo

A transformação digital da administração pública tem impulsionado a adoção de tecnologias inteligentes para aprimorar a gestão urbana, a segurança pública e a eficiência dos serviços municipais. Nesse contexto, os sistemas de videomonitoramento evoluíram para soluções integradas que utilizam Inteligência Artificial, Internet das Coisas (IoT), redes de comunicação e plataformas analíticas para apoiar a tomada de decisão. Entretanto, observa-se a escassez de modelos arquiteturais que integrem infraestrutura, processamento computacional, inteligência artificial e governança em uma estrutura voltada à administração pública municipal.

Este estudo tem como objetivo propor o Modelo de Arquitetura Tecnológica para Sistemas Inteligentes de Videomonitoramento (MAT-VIG), fundamentado nos princípios da Engenharia de Sistemas e validado por meio de um estudo de caso referente à implantação do sistema inteligente de videomonitoramento do município de Queimados, no estado do Rio de Janeiro.

A pesquisa caracteriza-se como aplicada, qualitativa, exploratória e descritiva, utilizando revisão bibliográfica, pesquisa documental e estudo de caso. Foram analisados documentos técnicos, legislação e normas aplicáveis, permitindo identificar os principais componentes tecnológicos da solução.

¹ Profissional Independente – Queimados – Rio de Janeiro – Brasil. ORCID:
<https://orcid.org/0009-0009-7266-7326>

Como resultado, foi desenvolvido um modelo arquitetural composto por seis camadas funcionais: Sensoriamento Urbano, Comunicação, Plataforma Computacional, Inteligência Artificial, Gestão Integrada e Governança. A aplicação do MAT-VIG demonstrou aderência ao estudo de caso e evidenciou sua capacidade de organizar, de forma sistêmica, a implantação, a operação e a evolução de sistemas inteligentes de videomonitoramento.

Conclui-se que o MAT-VIG constitui uma arquitetura de referência para apoiar a implementação de soluções de monitoramento urbano em municípios brasileiros, favorecendo interoperabilidade, escalabilidade, segurança da informação e governança digital, além de contribuir para as pesquisas sobre transformação digital, cidades inteligentes e Engenharia de Sistemas aplicada à administração pública.

Palavras-Chave

Videomonitoramento inteligente; Engenharia de sistemas; Administração pública municipal; Cidades inteligentes; Transformação digital.

Abstract

The digital transformation of public administration has driven the adoption of intelligent technologies to improve urban management, public safety, and the efficiency of municipal services. In this context, video surveillance systems have evolved into integrated solutions that employ Artificial Intelligence (AI), the Internet of Things (IoT), communication networks, and analytical platforms to support decision-making. However, the scientific literature reveals a lack of architectural models that integrate infrastructure, computing platforms, artificial intelligence, and governance into a unified framework for municipal public administration.

This study aims to propose the Technological Architecture Model for Intelligent Video Surveillance Systems (MAT-VIG), based on Systems Engineering principles and validated through a case study of the implementation of an intelligent video surveillance system in the municipality of Queimados, Rio de Janeiro, Brazil.

The research is classified as applied, qualitative, exploratory, and descriptive, employing a literature review, documentary research, and a case study as methodological procedures. Technical documents, legislation, and applicable standards were analyzed to identify the main technological components of the proposed solution.

As a result, an architectural model composed of six functional layers was developed: Urban Sensing, Communication, Computing Platform, Artificial Intelligence, Integrated Management, and Governance. The application of MAT-VIG to the case study demonstrated its adherence to the observed technological architecture and highlighted its ability to systematically support the implementation, operation, and evolution of intelligent video surveillance systems.

It is concluded that MAT-VIG represents a reference architecture for supporting the implementation of urban monitoring solutions in Brazilian municipalities, promoting interoperability, scalability, information security, and digital governance. Furthermore, the model contributes to research on digital transformation, smart cities, and the application of Systems Engineering in public administration.

Keywords

Intelligent Video Surveillance; Systems Engineering; Municipal Public Administration; Smart Cities; Digital Transformation.

1 Introdução

A crescente urbanização e a expansão dos centros urbanos têm imposto desafios cada vez mais complexos à administração pública, especialmente no que se refere à segurança, mobilidade, fiscalização e gestão eficiente dos serviços públicos. O aumento da demanda por respostas rápidas e baseadas em evidências tem impulsionado governos a investir em soluções tecnológicas capazes de integrar informações em tempo real e apoiar a tomada de decisão. Nesse cenário, a transformação digital do setor público tornou-se um dos principais pilares para a modernização da gestão municipal, promovendo maior eficiência operacional, transparência e qualidade na prestação dos serviços à sociedade.

Entre as tecnologias que vêm ganhando destaque nesse contexto, os sistemas inteligentes de videomonitoramento ocupam posição estratégica. Diferentemente dos sistemas convencionais de Circuito Fechado de Televisão (CFTV), voltados predominantemente para a gravação e visualização de imagens, as soluções contemporâneas incorporam recursos de Inteligência Artificial (IA), Visão Computacional (Computer Vision), Internet das Coisas (IoT), análise de vídeo (Video Analytics), reconhecimento automático de placas de veículos (ALPR/LPR) e

integração com plataformas de gestão. Essas funcionalidades permitem que o videomonitoramento deixe de ser apenas um mecanismo de vigilância para atuar como instrumento de apoio à gestão pública, à prevenção de incidentes e ao planejamento urbano.

A literatura internacional sobre Smart Cities destaca que a integração entre sensores, redes de comunicação, computação em nuvem, inteligência artificial e sistemas de apoio à decisão constitui um dos principais fundamentos para o desenvolvimento de cidades mais eficientes, resilientes e sustentáveis. Nesse contexto, o videomonitoramento inteligente assume papel relevante ao fornecer dados em tempo real que podem subsidiar ações relacionadas à segurança pública, mobilidade urbana, fiscalização ambiental, defesa civil e gestão de infraestrutura.

No Brasil, diversos municípios têm ampliado os investimentos em Centros Integrados de Operações e em sistemas inteligentes de monitoramento urbano como estratégia para fortalecer a capacidade de resposta das administrações públicas. Além da segurança, essas soluções permitem otimizar recursos, integrar diferentes órgãos governamentais e produzir indicadores estratégicos para formulação de políticas públicas baseadas em dados. Entretanto, observa-se que muitos projetos ainda são desenvolvidos sem uma arquitetura tecnológica padronizada, dificultando sua expansão, interoperabilidade e avaliação.

É nesse contexto que se insere o estudo do município de Queimados, localizado na Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro. O município iniciou a implantação de um sistema inteligente de videomonitoramento destinado ao monitoramento de vias públicas e prédios municipais, contemplando infraestrutura de comunicação, câmeras IP, plataformas de gerenciamento de vídeo e recursos de inteligência artificial. A iniciativa representa um importante exemplo de aplicação prática dos conceitos de transformação digital e cidades inteligentes no âmbito da administração pública municipal.

Embora existam diversos estudos sobre Smart Cities, Internet das Coisas e Inteligência Artificial, verifica-se uma lacuna na literatura quanto à proposição de modelos arquiteturais específicos para orientar a implantação de sistemas inteligentes de videomonitoramento em municípios brasileiros. Grande parte das pesquisas concentra-se em aspectos isolados, como reconhecimento de imagens, redes de comunicação ou governança digital, sem integrar essas dimensões em uma arquitetura unificada voltada à realidade da administração pública.

Diante dessa lacuna, este trabalho propõe o Modelo de Arquitetura Tecnológica para Sistemas Inteligentes de Videomonitoramento (MAT-VIG), concebido como uma arquitetura de referência para apoiar o planejamento, a implantação e a avaliação de sistemas municipais de videomonitoramento inteligente. O modelo estrutura a solução em seis camadas — Sensoriamento, Comunicação, Plataforma Computacional, Inteligência Artificial, Gestão Integrada e Governança — buscando promover interoperabilidade, escalabilidade, segurança da informação e apoio à tomada de decisão.

O problema de pesquisa que orienta este estudo pode ser expresso pela seguinte questão: como uma arquitetura tecnológica estruturada pode contribuir para a implantação de sistemas inteligentes de videomonitoramento capazes de apoiar a transformação digital da administração pública municipal?

Como hipótese, parte-se do pressuposto de que a adoção de uma arquitetura tecnológica baseada em princípios de Engenharia de Sistemas, Inteligência Artificial, Redes de Computadores e Governança Digital favorece a integração entre subsistemas, amplia a eficiência operacional e fortalece a capacidade de gestão dos municípios.

O objetivo geral deste artigo é propor e validar um modelo de arquitetura tecnológica para sistemas inteligentes de videomonitoramento em municípios brasileiros, utilizando como estudo de caso a implantação do sistema no município de Queimados/RJ.

Como objetivos específicos, pretende-se:

- analisar os fundamentos teóricos relacionados às cidades inteligentes, transformação digital, engenharia de sistemas e videomonitoramento inteligente;
- caracterizar a infraestrutura tecnológica implantada no município de Queimados/RJ;
- desenvolver o modelo MAT-VIG como arquitetura de referência para sistemas municipais de videomonitoramento;
- avaliar a aplicabilidade do modelo por meio do estudo de caso;
- identificar contribuições, limitações e oportunidades para futuras implantações em outros municípios.

A relevância deste estudo está associada à crescente necessidade de modernização da administração pública por meio de tecnologias digitais integradas. Além de contribuir para o avanço do conhecimento na interface entre Engenharia de Sistemas, Tecnologia da Informação e Gestão Pública, o trabalho oferece uma proposta metodológica que pode auxiliar gestores, engenheiros e pesquisadores na concepção de projetos de videomonitoramento inteligente alinhados aos princípios das cidades inteligentes e da governança digital.

Por fim, este artigo está organizado em nove seções. Após esta introdução, apresenta-se o referencial teórico que fundamenta a pesquisa, seguido da metodologia adotada. Em seguida, é descrito o estudo de caso do município de Queimados/RJ, a proposição do modelo MAT-VIG, sua validação, os resultados obtidos, a discussão dos achados e, por fim, as considerações finais, limitações do estudo e recomendações para pesquisas futuras.

2 Revisão da Literatura

2.1 Transformação Digital na Administração Pública

A transformação digital tem promovido mudanças significativas na forma como os governos planejam, executam e avaliam políticas públicas. Mais do que informatizar processos, ela envolve a integração de tecnologias digitais aos modelos de gestão, com o objetivo de aumentar a eficiência operacional, melhorar a prestação de serviços e fortalecer a transparência e a participação cidadã. Nesse contexto, tecnologias como computação em nuvem, Internet das Coisas (IoT), Inteligência Artificial (IA), Big Data e plataformas digitais tornam-se componentes essenciais para a modernização da administração pública.

O conceito de governo digital está relacionado à utilização estratégica das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) para ampliar a capacidade do Estado de atender às demandas da sociedade de forma mais eficiente, segura e integrada. A evolução desse conceito está diretamente associada à necessidade de decisões baseadas em dados e à integração entre diferentes órgãos públicos, reduzindo a fragmentação das informações e aumentando a capacidade de resposta da gestão pública.

No cenário brasileiro, iniciativas voltadas à digitalização dos serviços públicos vêm sendo fortalecidas por políticas nacionais de governo digital, incentivando estados e municípios a

adotarem soluções tecnológicas que promovam maior eficiência administrativa. Nesse processo, os sistemas inteligentes de videomonitoramento destacam-se como ferramentas capazes de integrar segurança, mobilidade urbana, fiscalização, defesa civil e planejamento urbano em uma única plataforma tecnológica.

Além dos benefícios operacionais, a transformação digital exige mudanças organizacionais, desenvolvimento de competências técnicas e adoção de mecanismos de governança capazes de assegurar a interoperabilidade entre sistemas, a proteção dos dados pessoais e a continuidade dos serviços públicos. Dessa forma, a tecnologia deixa de ser apenas um recurso operacional e passa a constituir um elemento estratégico para a gestão pública baseada em evidências.

2.2 Smart Cities

O conceito de Smart Cities, ou cidades inteligentes, consolidou-se como uma abordagem voltada à utilização integrada das Tecnologias da Informação e Comunicação para melhorar a qualidade de vida da população, otimizar a gestão dos recursos públicos e promover o desenvolvimento urbano sustentável.

Uma cidade inteligente caracteriza-se pela capacidade de coletar, processar e analisar informações provenientes de diferentes fontes, transformando dados em conhecimento para apoiar decisões estratégicas. Sensores distribuídos, câmeras inteligentes, sistemas de transporte, redes elétricas, monitoramento ambiental e plataformas digitais passam a compor um ecossistema conectado, capaz de responder de maneira mais eficiente às demandas urbanas.

A literatura internacional identifica seis dimensões fundamentais das cidades inteligentes:

- Governança Inteligente;
- Economia Inteligente;
- Mobilidade Inteligente;
- Meio Ambiente Inteligente;
- Pessoas Inteligentes;
- Qualidade de Vida Inteligente.

Dentro desse contexto, o videomonitoramento inteligente assume papel estratégico ao fornecer informações em tempo real para diferentes áreas da administração pública. Além da segurança urbana, essas soluções podem apoiar o gerenciamento do trânsito, o monitoramento ambiental, a fiscalização de espaços públicos e a coordenação de ações de emergência.

Outro aspecto relevante é a padronização internacional. Normas como a ISO 37122 estabelecem indicadores para avaliação do desempenho de cidades inteligentes, permitindo que gestores comparem resultados e identifiquem oportunidades de melhoria. Esses indicadores abrangem áreas como governança, segurança, mobilidade, energia, saúde, educação e sustentabilidade.

2.3 Engenharia de Sistemas

A Engenharia de Sistemas é uma disciplina interdisciplinar voltada ao desenvolvimento, integração e gerenciamento de sistemas complexos ao longo de todo o seu ciclo de vida. Seu objetivo é garantir que diferentes componentes — hardware, software, redes, processos e pessoas — atuem de forma coordenada para atender aos requisitos estabelecidos.

Projetos de videomonitoramento inteligente apresentam elevado grau de complexidade, exigindo integração entre dispositivos de captura, infraestrutura de comunicação, plataformas computacionais, bancos de dados, algoritmos de inteligência artificial e centros de operação. A abordagem sistêmica torna-se, portanto, essencial para assegurar interoperabilidade, escalabilidade, disponibilidade e manutenção do sistema.

Um dos princípios fundamentais da Engenharia de Sistemas é a arquitetura em camadas, que organiza os componentes de acordo com suas funções e responsabilidades. Essa abordagem facilita a expansão da solução, reduz impactos de mudanças tecnológicas e melhora a capacidade de gerenciamento.

No contexto deste estudo, esses princípios fundamentam o desenvolvimento do modelo MAT-VIG, estruturado em seis camadas funcionais que organizam desde o sensoriamento até a governança tecnológica, permitindo uma visão integrada da solução.

2.4 Inteligência Artificial aplicada ao Videomonitoramento

A Inteligência Artificial representa um dos principais fatores de inovação dos sistemas modernos de videomonitoramento. Enquanto sistemas tradicionais dependem da observação contínua por operadores humanos, plataformas inteligentes utilizam algoritmos capazes de identificar automaticamente eventos relevantes, reduzindo o tempo de resposta e aumentando a eficiência operacional.

Entre as principais aplicações destacam-se:

- reconhecimento facial;
- leitura automática de placas de veículos (ALPR/LPR);
- detecção de intrusão;
- identificação de objetos abandonados;
- classificação automática de pessoas e veículos;
- reconhecimento de comportamentos anômalos;
- geração automática de alertas.

Essas funcionalidades são viabilizadas por técnicas de Visão Computacional, Aprendizado de Máquina (Machine Learning) e Aprendizado Profundo (Deep Learning), que permitem extrair informações relevantes a partir de imagens e vídeos.

Entretanto, a adoção dessas tecnologias também impõe desafios relacionados à privacidade, transparência algorítmica e mitigação de vieses. Por isso, a implementação de soluções baseadas em IA deve ser acompanhada de políticas de governança e mecanismos de auditoria compatíveis com a legislação vigente.

2.5 Redes de Computadores e Infraestrutura de Comunicação

A infraestrutura de comunicação constitui o elemento responsável por conectar todos os componentes do sistema de videomonitoramento. A transmissão contínua de grandes volumes de dados exige redes de alta disponibilidade, baixa latência e elevada confiabilidade.

Em projetos municipais, é comum a utilização de fibras ópticas, enlaces de rádio, redes Ethernet, VLANs, protocolos TCP/IP e IPv6 para garantir conectividade entre câmeras, servidores e centros de monitoramento.

Além da capacidade de transmissão, aspectos como redundância, segmentação lógica, qualidade de serviço (QoS) e monitoramento contínuo da rede são essenciais para assegurar a disponibilidade do sistema e minimizar interrupções operacionais.

2.6 Segurança da Informação e Governança Digital

A expansão dos sistemas inteligentes amplia significativamente a necessidade de mecanismos robustos de segurança da informação. Como esses sistemas tratam imagens, metadados e, em determinadas aplicações, dados pessoais, sua implementação deve observar princípios de confidencialidade, integridade, disponibilidade, autenticidade e rastreabilidade.

No Brasil, a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) estabelece diretrizes para o tratamento de dados pessoais, impondo aos órgãos públicos responsabilidades relacionadas à finalidade do tratamento, segurança das informações e prestação de contas.

Complementarmente, normas internacionais de gestão da segurança da informação fornecem orientações para implantação de controles técnicos e organizacionais, incluindo criptografia, autenticação multifator, gestão de acessos, auditoria, backup e continuidade dos serviços.

Nesse contexto, a governança digital torna-se elemento essencial para assegurar que a tecnologia seja utilizada de forma ética, transparente e alinhada aos objetivos estratégicos da administração pública. A integração entre governança, segurança e inovação constitui um dos pilares do modelo MAT-VIG proposto neste estudo.

3 Metodologia

3.1 Caracterização da Pesquisa

Esta pesquisa caracteriza-se como **aplicada**, pois busca produzir conhecimento com potencial de utilização prática na implantação e avaliação de sistemas inteligentes de

videomonitoramento para a administração pública municipal. Diferentemente das pesquisas puramente teóricas, o estudo concentra-se na proposição de um modelo arquitetural aplicável a situações reais, contribuindo para o aperfeiçoamento de projetos tecnológicos voltados à gestão pública.

Quanto à abordagem, a pesquisa é **qualitativa**, uma vez que procura compreender a organização, a integração e o funcionamento dos componentes tecnológicos envolvidos na implantação do sistema, sem a pretensão de realizar inferências estatísticas sobre a população. A análise concentra-se na interpretação dos documentos, da arquitetura tecnológica e dos processos de implantação.

Sob a perspectiva dos objetivos, o estudo possui natureza **exploratória e descritiva**. É exploratória porque investiga um tema ainda pouco sistematizado na literatura nacional — a proposição de uma arquitetura de referência para sistemas inteligentes de videomonitoramento em municípios brasileiros. É também descritiva, pois apresenta detalhadamente a infraestrutura, os componentes tecnológicos e a organização do sistema implantado no município de Queimados/RJ.

3.2 Procedimentos Metodológicos

Para atingir os objetivos propostos, foram utilizados diferentes procedimentos metodológicos, permitindo a triangulação de informações e aumentando a confiabilidade da análise.

A pesquisa foi desenvolvida a partir de:

- revisão bibliográfica sobre transformação digital, Smart Cities, Engenharia de Sistemas, Inteligência Artificial, Redes de Computadores, Segurança da Informação e Governança Digital;
- pesquisa documental em legislação, normas técnicas, contratos administrativos e documentos institucionais relacionados ao projeto de videomonitoramento do município de Queimados;
- análise técnica da arquitetura tecnológica empregada na solução;
- elaboração de um modelo conceitual de referência (MAT-VIG);
- validação qualitativa do modelo por meio do estudo de caso.

A combinação desses procedimentos permitiu integrar fundamentos teóricos e evidências documentais, proporcionando uma análise abrangente da solução implantada.

3.3 Método de Pesquisa

O método adotado foi o **estudo de caso**, considerado adequado para investigar fenômenos contemporâneos inseridos em seu contexto real, especialmente quando as fronteiras entre o fenômeno estudado e o ambiente em que ocorre não são claramente definidas.

O estudo concentrou-se na implantação do sistema inteligente de videomonitoramento do município de Queimados/RJ, analisando sua infraestrutura tecnológica, os mecanismos de integração entre os diferentes componentes e os potenciais benefícios para a gestão pública municipal.

A escolha desse caso deve-se à relevância da iniciativa no contexto da transformação digital da administração pública e à disponibilidade de documentação técnica e administrativa que possibilitou a realização da pesquisa.

3.4 Fontes de Dados

As informações analisadas foram obtidas por meio de fontes secundárias, incluindo:

- legislação federal relacionada à proteção de dados e às contratações públicas;
- normas técnicas nacionais e internacionais aplicáveis à segurança da informação e às cidades inteligentes;
- literatura científica nacional e internacional;
- documentos administrativos do Município de Queimados;
- contrato referente à implantação do sistema inteligente de videomonitoramento;
- documentos técnicos disponibilizados pela empresa responsável pela implantação do sistema;
- publicações institucionais relacionadas ao projeto.

A utilização de múltiplas fontes permitiu comparar informações e reduzir o risco de interpretações baseadas em um único documento.

3.5 Etapas da Pesquisa

O desenvolvimento da pesquisa foi organizado em seis etapas sequenciais.

Etapa 1 – Revisão Bibliográfica - Levantamento da literatura científica referente aos principais conceitos utilizados no estudo.

Etapa 2 – Pesquisa Documental - Coleta e análise de documentos técnicos, contratos, legislação e normas relacionadas ao projeto.

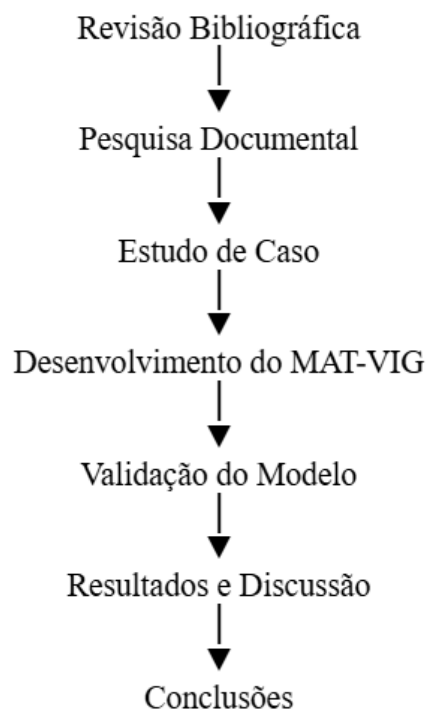
Etapa 3 – Caracterização do Estudo de Caso - Descrição da infraestrutura tecnológica implantada no município de Queimados.

Etapa 4 – Desenvolvimento do Modelo MAT-VIG - Elaboração da arquitetura tecnológica proposta com base nos princípios da Engenharia de Sistemas.

Etapa 5 – Validação Qualitativa - Aplicação do modelo ao estudo de caso para verificar sua aderência às características do sistema implantado.

Etapa 6 – Discussão dos Resultados - Comparação entre os resultados obtidos, a literatura científica e as contribuições metodológicas do modelo proposto.

Figura 1 – Fluxo metodológico da pesquisa



3.6 Critérios de Validação

A avaliação do modelo MAT-VIG foi conduzida de forma qualitativa, considerando sua capacidade de representar a arquitetura tecnológica do sistema implantado em Queimados/RJ. Foram analisados os seguintes critérios:

- **Modularidade:** organização dos componentes em camadas funcionais.
- **Escalabilidade:** possibilidade de expansão do sistema sem necessidade de reestruturação completa.
- **Interoperabilidade:** integração entre dispositivos, softwares e órgãos públicos.
- **Segurança da Informação:** adoção de controles voltados à proteção de dados e continuidade operacional.
- **Governança:** alinhamento da arquitetura com requisitos legais, administrativos e estratégicos.

Embora a pesquisa não tenha utilizado indicadores quantitativos de desempenho, esses critérios permitem avaliar a consistência do modelo proposto e sua aplicabilidade em projetos de transformação digital no setor público.

3.7 Limitações Metodológicas

Algumas limitações devem ser consideradas na interpretação dos resultados. O estudo baseou-se em um único caso, o que restringe a generalização dos achados. Além disso, a pesquisa utilizou predominantemente documentos institucionais e informações técnicas disponíveis durante o período de análise, não contemplando indicadores operacionais consolidados após a implantação do sistema.

Apesar dessas limitações, a combinação entre revisão bibliográfica, análise documental e estudo de caso fornece uma base consistente para a proposição do modelo MAT-VIG, que poderá ser testado e aprimorado em pesquisas futuras envolvendo outros municípios.

4 Estudo de Caso: Implantação do Sistema Inteligente de Videomonitoramento no Município de Queimados/RJ

4.1 Caracterização do Município

O município de Queimados está localizado na Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro e possui importância estratégica devido à sua posição geográfica, dinâmica urbana e integração com municípios vizinhos da Baixada Fluminense. O crescimento populacional, a expansão urbana e o aumento da circulação de pessoas e veículos ampliaram a necessidade de investimentos em tecnologias voltadas à segurança pública e à gestão eficiente dos serviços municipais.

Nesse contexto, a Prefeitura de Queimados iniciou um processo de modernização tecnológica com a implantação de um sistema inteligente de videomonitoramento, buscando fortalecer a capacidade operacional dos órgãos municipais, ampliar o monitoramento de áreas estratégicas e integrar informações para apoiar a tomada de decisão.

O projeto está inserido em uma estratégia mais ampla de transformação digital da administração pública, alinhando-se aos princípios de inovação, eficiência administrativa e utilização de tecnologias digitais para aprimorar os serviços oferecidos à população.

4.2 Contextualização do Projeto

O projeto de implantação do sistema inteligente de videomonitoramento foi concebido para substituir ou complementar estruturas convencionais de monitoramento, incorporando tecnologias capazes de ampliar a eficiência operacional e a capacidade analítica da administração municipal.

De acordo com a documentação técnica e administrativa analisada, a solução contempla a instalação e integração de equipamentos e softwares destinados ao monitoramento contínuo de vias públicas e prédios municipais, permitindo maior controle sobre eventos urbanos e apoio às ações dos órgãos responsáveis pela segurança e fiscalização.

A arquitetura tecnológica proposta integra diferentes componentes de hardware e software, proporcionando uma plataforma unificada para aquisição, transmissão, processamento, armazenamento e análise de imagens em tempo real.

4.3 Arquitetura Tecnológica do Sistema

A solução implantada é composta por um conjunto de elementos tecnológicos organizados em diferentes níveis funcionais.

Infraestrutura de Campo

A camada de sensoriamento é responsável pela captura das informações distribuídas pelo ambiente urbano.

Entre os principais componentes encontram-se:

- câmeras IP fixas;
- câmeras PTZ (Pan-Tilt-Zoom);
- dispositivos de leitura automática de placas de veículos (ALPR/LPR), quando aplicáveis;
- equipamentos de alimentação elétrica;
- nobreaks;
- postes e suportes de fixação.

Esses dispositivos constituem a principal fonte de dados do sistema, permitindo o monitoramento contínuo das áreas estratégicas do município.

Infraestrutura de Comunicação

A comunicação entre os dispositivos de campo e o centro de operações ocorre por meio de uma infraestrutura de rede composta por:

- fibra óptica;
- enlaces de rádio, quando necessários;
- switches gerenciáveis;
- roteadores;
- protocolos TCP/IP;
- segmentação lógica por VLANs.

Essa infraestrutura foi concebida para garantir alta disponibilidade, baixa latência e segurança na transmissão dos dados.

Plataforma Computacional

Após a captura e transmissão das imagens, os dados são encaminhados para a plataforma computacional.

Essa camada é composta por:

- servidores;

- banco de dados;
- sistemas de armazenamento;
- plataformas de gerenciamento de vídeo (Video Management System – VMS);
- sistemas operacionais;
- mecanismos de backup.

Essa estrutura possibilita o armazenamento seguro das informações e o gerenciamento centralizado do ambiente de monitoramento.

4.4 Inteligência Artificial Aplicada

Um dos diferenciais do sistema analisado é a incorporação de recursos de Inteligência Artificial capazes de ampliar a eficiência do monitoramento.

Entre as funcionalidades observadas destacam-se:

- análise automática de imagens;
- geração de alertas;
- reconhecimento de padrões;
- classificação de objetos;
- monitoramento em tempo real;
- apoio às atividades dos operadores.

Esses recursos reduzem a necessidade de monitoramento exclusivamente humano e aumentam a capacidade de identificação de eventos relevantes.

4.5 Centro Integrado de Monitoramento

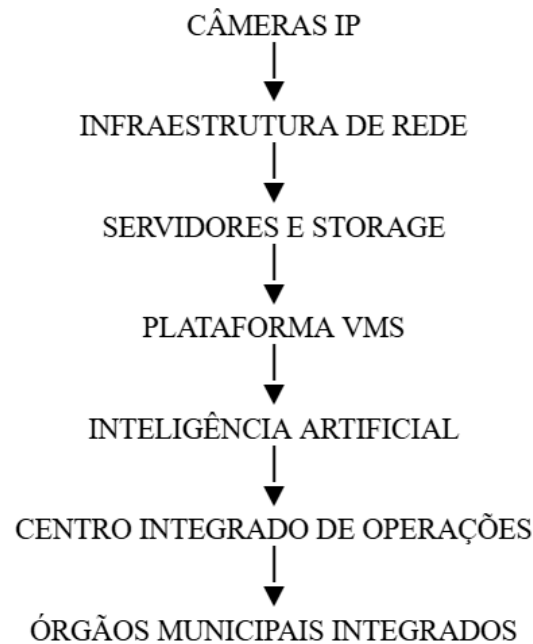
O processamento das informações converge para uma central responsável pela operação do sistema.

Nessa unidade são realizadas atividades como:

- monitoramento contínuo;
- visualização das imagens;
- gerenciamento dos dispositivos;
- registro de ocorrências;
- compartilhamento de informações com outros órgãos municipais;
- apoio à tomada de decisão.

A central representa o principal ponto de integração entre infraestrutura tecnológica e gestão pública.

Figura 2 – Arquitetura geral do sistema



4.6 Benefícios Observados

A análise documental permitiu identificar diversos benefícios esperados com a implantação do sistema.

Benefícios Operacionais

- maior capacidade de monitoramento;
- redução do tempo de resposta;
- integração entre diferentes órgãos;
- centralização das informações.

Benefícios Tecnológicos

- arquitetura escalável;
- interoperabilidade entre equipamentos;
- gerenciamento centralizado;
- processamento inteligente.

Benefícios Administrativos

- apoio à tomada de decisão;
- maior eficiência operacional;
- fortalecimento da governança;
- otimização dos recursos públicos.

Tabela 1 – Síntese dos componentes do sistema

Camada	Principais componentes
Sensoriamento	Câmeras IP, PTZ, dispositivos de captura
Comunicação	Fibra óptica, switches, VLANs, TCP/IP
Plataforma Computacional	Servidores, banco de dados, VMS, storage
Inteligência Artificial	Analytics, reconhecimento de padrões, alertas
Gestão Integrada	Centro de Operações, dashboards e monitoramento
Governança	LGPD, auditoria, segurança da informação

4.7 Desafios Identificados

Apesar dos benefícios, projetos dessa natureza apresentam desafios que devem ser considerados:

- necessidade de investimentos contínuos em infraestrutura;
- atualização tecnológica dos equipamentos;
- capacitação das equipes responsáveis pela operação;
- proteção de dados pessoais e conformidade com a LGPD;
- manutenção preventiva e corretiva dos sistemas;
- integração entre plataformas de diferentes fabricantes.

Esses fatores reforçam a importância de uma arquitetura tecnológica padronizada, capaz de orientar o planejamento, a implantação e a evolução do sistema ao longo do tempo.

5 Proposição do Modelo de Arquitetura Tecnológica para Sistemas Inteligentes de Videomonitoramento (MAT-VIG)

5.1 Fundamentação da Proposta

A revisão da literatura evidenciou que, embora existam diversos estudos sobre cidades inteligentes, Inteligência Artificial, Internet das Coisas e videomonitoramento urbano, ainda há

escassez de modelos integrados voltados especificamente para a implantação de sistemas inteligentes de videomonitoramento na administração pública municipal.

Grande parte das pesquisas concentra-se em componentes isolados, como algoritmos de reconhecimento de imagens, infraestrutura de redes, segurança da informação ou governança digital. Entretanto, a implantação de um sistema dessa natureza exige uma abordagem sistêmica, capaz de integrar diferentes tecnologias e processos administrativos em uma arquitetura única.

A análise do estudo de caso do município de Queimados permitiu identificar elementos recorrentes que serviram de base para a elaboração do Modelo de Arquitetura Tecnológica para Sistemas Inteligentes de Videomonitoramento (MAT-VIG). O modelo foi concebido com base em princípios da Engenharia de Sistemas, priorizando modularidade, interoperabilidade, escalabilidade, segurança da informação e governança tecnológica.

Diferentemente de arquiteturas voltadas exclusivamente ao processamento de imagens, o MAT-VIG propõe uma visão integrada, considerando não apenas os aspectos tecnológicos, mas também a interação entre infraestrutura, processos operacionais e gestão pública.

5.2 Estrutura Geral do Modelo MAT-VIG

O modelo organiza a solução em seis camadas funcionais, distribuídas de forma hierárquica e interdependente.

Figura 3 – Arquitetura conceitual do MAT-VIG



Essa organização permite compreender o sistema como um conjunto de camadas independentes, porém integradas, favorecendo a manutenção, a expansão e a interoperabilidade da solução.

5.3 Camada 1 – Sensoriamento Urbano

A camada de sensoriamento corresponde ao nível responsável pela coleta das informações provenientes do ambiente urbano.

Ela compreende dispositivos como:

- câmeras IP fixas;
- câmeras PTZ;
- sensores IoT;
- leitores automáticos de placas (ALPR/LPR);
- dispositivos de borda (Edge Devices);
- equipamentos de alimentação elétrica.

Essa camada representa o ponto inicial do fluxo de dados do sistema.

Objetivos

- captar eventos urbanos;
- gerar imagens em tempo real;
- alimentar os sistemas computacionais.

5.4 Camada 2 – Comunicação

A segunda camada é responsável pelo transporte seguro das informações.

Inclui:

- fibra óptica;
- enlaces de rádio;
- switches gerenciáveis;
- roteadores;
- VLAN;
- TCP/IP;
- IPv6;

- QoS.

Objetivos

- garantir disponibilidade;
- reduzir latência;
- assegurar redundância;
- manter continuidade operacional.

5.5 Camada 3 – Plataforma Computacional

Essa camada concentra os recursos computacionais necessários para armazenamento e gerenciamento das informações.

Principais componentes:

- servidores físicos;
- máquinas virtuais;
- armazenamento em RAID;
- banco de dados;
- plataformas VMS;
- mecanismos de backup.

Sua função consiste em disponibilizar uma infraestrutura estável para processamento e gerenciamento das imagens capturadas.

5.6 Camada 4 – Inteligência Artificial

Esta camada constitui o principal diferencial tecnológico do modelo.

São utilizados algoritmos capazes de realizar:

- reconhecimento facial (quando legalmente autorizado);
- leitura automática de placas;
- classificação de veículos;
- identificação de objetos;
- detecção de movimentos;
- análise comportamental;
- geração automática de alertas.

O processamento inteligente reduz a dependência da observação humana contínua, permitindo maior eficiência operacional.

5.7 Camada 5 – Gestão Integrada

Os dados processados convergem para o Centro Integrado de Operações.

Nessa camada são executadas atividades como:

- monitoramento em tempo real;
- despacho operacional;
- integração entre secretarias;
- geração de indicadores;
- Business Intelligence (BI);
- mapas georreferenciados.

A camada transforma dados em informações úteis para a gestão pública.

5.8 Camada 6 – Governança

A camada superior contempla aspectos organizacionais, legais e estratégicos.

São considerados:

- LGPD;
- Segurança da Informação;
- Auditoria;
- Gestão de Riscos;
- Continuidade do Negócio;
- Compliance;
- Indicadores de desempenho.

Essa camada assegura que toda a infraestrutura tecnológica opere em conformidade com requisitos legais e boas práticas de governança.

Tabela 2 – Síntese do Modelo MAT-VIG

Camada	Objetivo	Componentes principais
Governança	Conformidade e gestão	LGPD, auditoria, indicadores
Gestão Integrada	Apoio à decisão	Centro de Operações, BI, dashboards
Inteligência Artificial	Processamento inteligente	Analytics, ALPR, visão computacional
Plataforma Computacional	Armazenamento e gerenciamento	VMS, servidores, banco de dados
Comunicação	Transporte dos dados	Fibra óptica, switches, VLAN, TCP/IP
Sensoriamento	Coleta de dados	Câmeras IP, PTZ, sensores IoT

5.9 Diferenciais do Modelo MAT-VIG

A comparação entre o modelo proposto e arquiteturas convencionais evidencia algumas vantagens.

Aspecto	Arquiteturas Convencionais	MAT-VIG
Organização em camadas	Parcial	Completa
Integração tecnológica	Limitada	Elevada
Inteligência Artificial	Opcional	Estrutural
Governança	Pouco explorada	Integrada
Escalabilidade	Média	Alta
Aplicação em municípios	Genérica	Específica
Apoio à decisão	Limitado	Abrangente

5.10 Contribuição Científica

O MAT-VIG constitui a principal contribuição deste estudo ao oferecer uma arquitetura de referência para sistemas inteligentes de videomonitoramento voltados à administração pública municipal.

Diferentemente de abordagens centradas apenas em tecnologias específicas, o modelo integra aspectos técnicos, operacionais e de governança em uma estrutura única, permitindo sua adaptação a diferentes realidades municipais.

Essa característica amplia seu potencial de aplicação prática e oferece uma base metodológica para futuras pesquisas sobre transformação digital, cidades inteligentes e Engenharia de Sistemas.

6 VALIDAÇÃO DO MODELO MAT-VIG

6.1 Estratégia de Validação

A validação do Modelo de Arquitetura Tecnológica para Sistemas Inteligentes de Videomonitoramento (MAT-VIG) foi realizada por meio de sua aplicação ao estudo de caso do município de Queimados/RJ. A estratégia adotada consistiu em verificar a aderência entre as seis camadas do modelo proposto e os componentes tecnológicos identificados na documentação técnica e administrativa analisada.

Essa abordagem permitiu avaliar se o modelo representa adequadamente os elementos essenciais de um sistema municipal de videomonitoramento inteligente e se sua estrutura pode ser utilizada como referência em projetos semelhantes.

Por tratar-se de um estudo de caso único, a validação tem caráter analítico e exploratório, buscando verificar a coerência interna do modelo e sua aplicabilidade prática, sem pretensão de generalização estatística.

6.2 Critérios de Avaliação

Com base na literatura de Engenharia de Sistemas e Arquitetura de Software, foram definidos cinco critérios para avaliar o modelo MAT-VIG:

- **Modularidade:** organização dos componentes em camadas independentes.
- **Interoperabilidade:** capacidade de integração entre equipamentos, softwares e processos.
- **Escalabilidade:** possibilidade de expansão do sistema sem alterações estruturais significativas.
- **Segurança da Informação:** presença de mecanismos de proteção dos dados e conformidade normativa.
- **Governança:** alinhamento entre tecnologia, processos administrativos e requisitos legais.

Esses critérios permitem analisar não apenas a infraestrutura tecnológica, mas também sua capacidade de sustentar a evolução do sistema ao longo do tempo.

Tabela 3 – Critérios de validação do MAT-VIG

Critério	Descrição	Evidência observada no estudo de caso
Modularidade	Organização em camadas funcionais	Arquitetura composta por dispositivos, rede, servidores e central de monitoramento
Interoperabilidade	Integração entre componentes	Integração entre câmeras, infraestrutura de rede e plataforma de gerenciamento
Escalabilidade	Facilidade de expansão	Estrutura compatível com ampliação do número de dispositivos e pontos monitorados
Segurança da Informação	Proteção dos dados e continuidade	Uso de servidores centralizados, controle de acesso e necessidade de adequação à LGPD
Governança	Integração entre tecnologia e gestão	Centralização das operações e suporte à tomada de decisão

6.3 Aplicação do Modelo ao Estudo de Caso

A aplicação do MAT-VIG ao caso de Queimados demonstrou correspondência entre todas as camadas do modelo e os elementos identificados na infraestrutura do projeto.

Camada 1 – Sensoriamento

Foram identificados dispositivos responsáveis pela captura de imagens distribuídos em áreas estratégicas do município, evidenciando a presença da camada de aquisição de dados.

Camada 2 – Comunicação

A infraestrutura de comunicação mostrou-se compatível com os requisitos de transmissão contínua de dados entre os dispositivos de campo e o centro de monitoramento.

Camada 3 – Plataforma Computacional

A existência de servidores, sistemas de armazenamento e plataforma VMS confirma a presença da camada responsável pelo processamento e gerenciamento das informações.

Camada 4 – Inteligência Artificial

A documentação do projeto prevê funcionalidades voltadas ao processamento inteligente das imagens, indicando aderência à camada de IA proposta pelo modelo.

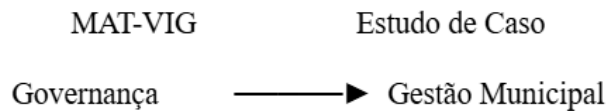
Camada 5 – Gestão Integrada

A central de monitoramento atua como ponto de convergência das informações, permitindo integração entre diferentes áreas da administração pública.

Camada 6 – Governança

Embora aspectos de governança dependam de políticas institucionais, o projeto demonstra potencial para incorporar práticas relacionadas à segurança da informação, conformidade legal e gestão de riscos.

Figura 4 – Correspondência entre o MAT-VIG e o estudo de caso



7 Resultados e Discussão

7.1 Análise Geral dos Resultados

A aplicação do modelo MAT-VIG ao estudo de caso do município de Queimados demonstrou que a arquitetura proposta representa adequadamente os principais elementos necessários para a implantação de um sistema inteligente de videomonitoramento voltado à administração pública municipal.

A organização em seis camadas permitiu estruturar de forma lógica a relação entre dispositivos de campo, infraestrutura de comunicação, plataformas computacionais, recursos de inteligência artificial, gestão integrada e governança tecnológica. Essa organização favorece a compreensão do sistema como um conjunto de componentes interdependentes, possibilitando maior controle sobre os processos de implantação, operação e expansão da solução.

Os resultados indicam que a utilização de uma arquitetura estruturada pode contribuir para reduzir a fragmentação tecnológica frequentemente observada em projetos municipais, promovendo maior interoperabilidade entre equipamentos, softwares e órgãos públicos.

7.2 Comparação com a Literatura

A literatura sobre cidades inteligentes destaca que sistemas urbanos inteligentes devem integrar infraestrutura física, tecnologias digitais e mecanismos de governança. Os resultados obtidos no estudo de caso convergem com essa perspectiva ao demonstrar que o videomonitoramento moderno não deve ser compreendido apenas como um conjunto de câmeras, mas como uma plataforma de apoio à gestão baseada em dados.

Da mesma forma, a Engenharia de Sistemas recomenda a organização de soluções complexas por meio de arquiteturas modulares, permitindo evolução tecnológica, manutenção simplificada e integração entre subsistemas. O modelo MAT-VIG adota esse princípio ao estruturar a solução em camadas independentes, porém inter-relacionadas.

No campo da Inteligência Artificial, a literatura aponta que algoritmos de visão computacional e análise automática de imagens ampliam significativamente a capacidade de monitoramento, reduzindo o tempo de resposta e aumentando a eficiência operacional. A presença dessa camada no modelo proposto reforça seu alinhamento com as tendências tecnológicas contemporâneas.

7.3 Contribuições para a Engenharia

Os resultados obtidos evidenciam contribuições em diferentes áreas da Engenharia.

Engenharia de Sistemas

O modelo MAT-VIG demonstra como princípios de arquitetura em camadas podem ser aplicados à gestão pública, favorecendo modularidade, escalabilidade e integração tecnológica.

Engenharia de Redes

A pesquisa destaca a importância da infraestrutura de comunicação como elemento essencial para garantir disponibilidade, baixa latência e continuidade operacional.

Engenharia de Software

A utilização de plataformas VMS, bancos de dados, APIs e mecanismos de integração evidencia a necessidade de arquiteturas flexíveis e interoperáveis.

Inteligência Artificial

A incorporação de algoritmos de análise de vídeo amplia a capacidade de processamento das informações e reduz a dependência de monitoramento exclusivamente humano.

Tabela 5 – Comparação entre sistemas convencionais e inteligentes

Característica	Sistema Convencional	Sistema Inteligente (MAT-VIG)
Captura de imagens	Sim	Sim
Gravação contínua	Sim	Sim
Reconhecimento automático	Não	Sim
Leitura automática de placas	Não	Sim
Análise comportamental	Não	Sim
Integração entre órgãos	Limitada	Elevada
Apoio à decisão	Baixo	Alto
Escalabilidade	Média	Alta
Governança	Parcial	Estruturada

7.4 Implicações para a Administração Pública

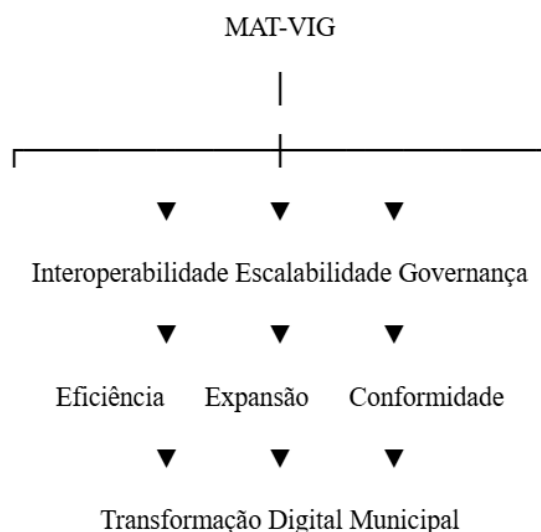
Os resultados obtidos sugerem que a adoção de uma arquitetura de referência pode contribuir para aumentar a maturidade tecnológica de projetos municipais de videomonitoramento.

Entre os principais benefícios destacam-se:

- padronização da infraestrutura tecnológica;
- melhoria da interoperabilidade entre sistemas;
- fortalecimento da governança digital;
- apoio à formulação de políticas públicas baseadas em dados;
- maior transparência na gestão dos recursos tecnológicos;
- facilidade para expansão futura da solução.

Além disso, a utilização de um modelo estruturado pode facilitar processos licitatórios, elaboração de termos de referência e fiscalização contratual, ao estabelecer requisitos técnicos claros para futuras contratações.

Figura 5 – Benefícios do MAT-VIG



7.5 Contribuições Científicas

A principal contribuição científica deste estudo consiste na proposição do modelo MAT-VIG como arquitetura de referência para implantação de sistemas inteligentes de videomonitoramento em municípios brasileiros.

Enquanto muitos trabalhos concentram-se em tecnologias específicas, como algoritmos de reconhecimento facial ou redes de sensores, esta pesquisa integra infraestrutura física, comunicação, processamento, inteligência artificial, gestão e governança em uma estrutura única.

Essa abordagem amplia a aplicabilidade do modelo, permitindo sua utilização tanto em pesquisas futuras quanto em projetos de transformação digital conduzidos por administrações públicas.

7.6 Limitações

Apesar das contribuições apresentadas, algumas limitações devem ser consideradas.

A pesquisa foi desenvolvida com base em um único estudo de caso, o que restringe a generalização dos resultados. Além disso, a validação do modelo ocorreu a partir de documentação técnica e administrativa, sem acesso a indicadores operacionais consolidados após a implantação do sistema.

Outra limitação refere-se à rápida evolução das tecnologias de Inteligência Artificial e Internet das Coisas, que poderá demandar atualizações periódicas do modelo proposto.

7.7 Perspectivas Futuras

Como continuidade desta pesquisa, recomenda-se:

- aplicar o modelo MAT-VIG em diferentes municípios brasileiros;
- desenvolver indicadores quantitativos para avaliação da maturidade tecnológica de sistemas de videomonitoramento;
- investigar a integração do modelo com redes 5G, Edge Computing e Digital Twins;
- avaliar aspectos éticos e regulatórios relacionados ao uso de Inteligência Artificial na administração pública;
- propor mecanismos de avaliação contínua do desempenho operacional das centrais de monitoramento.

8 Considerações Finais

A crescente incorporação de tecnologias digitais na administração pública tem impulsionado a adoção de soluções voltadas ao monitoramento inteligente das cidades, contribuindo para o fortalecimento da segurança urbana, da gestão baseada em dados e da eficiência operacional dos serviços públicos. Nesse cenário, os sistemas inteligentes de videomonitoramento assumem papel estratégico ao integrar infraestrutura tecnológica, processamento de informações e apoio à tomada de decisão.

Este estudo teve como objetivo propor o Modelo de Arquitetura Tecnológica para Sistemas Inteligentes de Videomonitoramento (MAT-VIG), fundamentado em princípios da Engenharia de Sistemas e validado por meio do estudo de caso do município de Queimados/RJ. A análise demonstrou que a organização da solução em seis camadas — Sensoriamento Urbano, Comunicação, Plataforma Computacional, Inteligência Artificial, Gestão Integrada e Governança — possibilita uma visão sistêmica da infraestrutura tecnológica, favorecendo modularidade, interoperabilidade, escalabilidade e conformidade com requisitos legais.

A aplicação do modelo ao estudo de caso evidenciou sua aderência aos componentes tecnológicos identificados na documentação analisada, indicando que o MAT-VIG pode servir como arquitetura de referência para projetos municipais de transformação digital. Além de organizar os elementos técnicos do sistema, o modelo destaca a importância da integração entre tecnologia, processos administrativos e mecanismos de governança, reforçando que a efetividade dessas iniciativas depende tanto da infraestrutura quanto da capacidade institucional de gerenciá-la.

Do ponto de vista científico, a principal contribuição desta pesquisa consiste na proposição de uma arquitetura conceitual voltada especificamente para sistemas inteligentes de videomonitoramento aplicados à administração pública municipal. Enquanto parte da literatura aborda tecnologias isoladas, como visão computacional, redes de comunicação ou inteligência artificial, o MAT-VIG integra esses elementos em um modelo unificado, oferecendo uma abordagem aplicável tanto em pesquisas futuras quanto em projetos práticos.

Sob a perspectiva da Engenharia, o estudo contribui ao demonstrar a aplicabilidade de princípios de arquitetura em camadas na organização de sistemas complexos, favorecendo o planejamento, a implantação, a manutenção e a evolução tecnológica de soluções de monitoramento urbano. Para gestores públicos, o modelo fornece uma estrutura que pode apoiar a elaboração de termos de referência, processos licitatórios, especificações técnicas e avaliações de maturidade tecnológica.

Entretanto, algumas limitações devem ser reconhecidas. A pesquisa baseou-se em um único estudo de caso e em análise documental, não contemplando indicadores quantitativos de desempenho após a implantação do sistema. Dessa forma, os resultados não podem ser generalizados para todos os municípios, embora forneçam evidências relevantes sobre a consistência da arquitetura proposta.

Como perspectivas para pesquisas futuras, recomenda-se a aplicação do MAT-VIG em diferentes contextos municipais, a incorporação de métricas quantitativas para avaliação de desempenho, a integração com tecnologias emergentes — como redes 5G, Edge Computing e Gêmeos Digitais (Digital Twins) — e a investigação de aspectos relacionados à ética, transparência algorítmica e proteção de dados em sistemas inteligentes de videomonitoramento.

Conclui-se que o MAT-VIG representa uma contribuição relevante para a Engenharia e para a administração pública, oferecendo uma arquitetura estruturada que pode orientar a

implantação de sistemas inteligentes de videomonitoramento, apoiar processos de transformação digital e fomentar novas pesquisas sobre cidades inteligentes, governança digital e inovação no setor público.

Referências

ABBOTT, Carl. Smart Cities: Big Data, Civic Hackers, and the Quest for a New Utopia. New York: W. W. Norton, 2020. Disponível em: <https://wnorton.com>. Acesso em: 20 maio 2026.

BATTY, Michael. The New Science of Cities. Cambridge: MIT Press, 2013. Disponível em: <https://mitpress.mit.edu>. Acesso em: 18 abr. 2026.

BRASIL. Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13709.htm. Acesso em: 10 maio 2026.

BRASIL. Lei nº 14.133, de 1º de abril de 2021. Lei de Licitações e Contratos Administrativos. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/l14133.htm. Acesso em: 14 abr. 2026.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). ISO 37122:2019 – Sustainable cities and communities — Indicators for smart cities. Geneva: ISO, 2019. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/69050.html>. Acesso em: 12 maio 2026.

PRESSMAN, Roger S.; MAXIM, Bruce R. Engenharia de Software. 9. ed.

RUSSELL, Stuart; NORVIG, Peter. Artificial Intelligence: A Modern Approach. 4. ed.

STALLINGS, William. Network Security Essentials. 7. ed.

TANENBAUM, Andrew S.; WETHERALL, David. Computer Networks. 6. ed.

YIN, Robert K. Case Study Research and Applications: Design and Methods. 6. ed. Thousand Oaks: SAGE Publications, 2018. Disponível em: <https://us.sagepub.com>. Acesso em: 22 maio 2026.