

## **Construções Inteligentes: Aplicações de Automação e IoT na Infraestrutura Civil - Revisão Bibliográfica detalhada**

GABRIEL SILVA ALCANTARINO<sup>1</sup>, LUIS FILIPE VELLOSO SANTOS<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Graduando de Engenharia Elétrica, Faculdade Anhanguera do Amazonas, Manaus-AM, silvaalcantarino12a@gmail.com;

<sup>2</sup>Graduando de Engenharia Civil, IFBA, Vitória da Conquista-BA, filipevellosote@gmail.com;

**RESUMO:** O presente artigo explora o conceito de construções inteligentes com foco na integração entre automação predial, IoT e infraestrutura civil. Por meio de uma revisão bibliográfica aprofundada, são analisadas tecnologias aplicadas, benefícios, desafios técnicos e econômicos, além de exemplos reais e estimativas de custo. Conclui-se que a convergência entre as engenharias civil e elétrica é essencial para o avanço das edificações inteligentes no Brasil.

**PALAVRAS-CHAVE:** Construções inteligentes, IoT, automação predial, infraestrutura civil, eficiência energética.

### **Smart Constructions: Applications of Automation and IoT in Civil Infrastructure – Detailed Literature Review**

**ABSTRACT:** This article explores the concept of smart buildings with a focus on the integration of building automation, IoT, and civil infrastructure. Through an in-depth literature review, applied technologies, benefits, technical and economic challenges, as well as real examples and cost estimates are analyzed. It is concluded that the convergence between civil and electrical engineering is essential for the advancement of smart buildings in Brazil.

**KEYWORDS:** Smart buildings, IoT, building automation, civil infrastructure, energy efficiency.

## **1. INTRODUÇÃO**

Com o avanço tecnológico e a busca por eficiência energética, conforto e segurança, surgem as construções inteligentes (Smart Buildings), que integram automação, sensores, IoT e sistemas de gestão predial para otimizar o funcionamento dos edifícios. Esses empreendimentos podem gerar economia de energia entre 20% e 30%, com retorno do investimento em poucos anos.

A compatibilização entre Engenharia Civil e Elétrica é fundamental para o sucesso dessas edificações. A Civil garante a infraestrutura adequada para os sistemas de automação, prevendo espaços técnicos, rotas de cabeamento e manutenção futura, enquanto a Elétrica planeja e executa os sistemas inteligentes, dimensionando sensores, atuadores e redes de comunicação. Essa integração precoce evita retrabalhos, aumenta a eficiência operacional e contribui para a sustentabilidade e a durabilidade dos edifícios.

## **2. FUNDAMENTOS E TECNOLOGIAS APLICADAS**

### **2.1 COMPONENTES DE UMA EDIFICAÇÃO INTELIGENTE**

Um edifício inteligente reúne tecnologias e sistemas coordenados para garantir eficiência, conforto, segurança e sustentabilidade. Seus principais elementos incluem sensores, que captam variáveis ambientais; atuadores, responsáveis por executar ações físicas; controladores, que processam dados e enviam comandos; redes de comunicação, que interligam os dispositivos; e o BMS, que centraliza o monitoramento e o controle dos sistemas prediais.

A efetiva implementação desses recursos depende da infraestrutura civil e elétrica. Cabe à Engenharia Civil prever espaços técnicos, shafts e acessos para manutenção, além de compatibilizar materiais com as exigências dos dispositivos. Já a integração entre as disciplinas de projeto assegura a funcionalidade, a flexibilidade e a segurança do edifício inteligente como um todo.

### 3. APLICAÇÕES PRÁTICAS

#### 3.1 EDIFÍCIOS COMERCIAIS E COORPORATIVOS

Empreendimentos de grande porte, como o Infinity Tower (São Paulo) e o Edifício Odebrecht (Salvador), se consolidam como referências no uso de automação predial, incorporando tecnologias voltadas à eficiência energética, ao conforto dos usuários e à sustentabilidade. Um dos principais recursos é a **iluminação com dimerização automática**, que ajusta a intensidade da luz artificial de acordo com a luminosidade natural e a presença de pessoas, reduzindo o consumo de energia e garantindo conforto visual, com economias que podem ultrapassar 40%.

Outro destaque é o **sistema HVAC com controle adaptativo**, que regula ventilação, aquecimento e resfriamento a partir de variáveis ambientais em tempo real, como temperatura, umidade e CO<sub>2</sub>. Isso assegura qualidade do ar interno, diminui gastos com energia e prolonga a vida útil dos equipamentos. Já o **monitoramento do consumo elétrico em tempo real**, feito com sensores e medidores inteligentes integrados ao BMS, permite identificar desperdícios, mapear perfis de uso e gerar relatórios que apoiam estratégias de eficiência.

Além desses sistemas, muitos edifícios inteligentes contam com **gestão de elevadores, controle de acesso biométrico, alarmes e CFTV integrados**, além de **estacionamentos inteligentes**, que otimizam o uso de vagas e melhoram a experiência do usuário. Essas soluções tornam os empreendimentos mais autônomos, responsivos e conectados às práticas da Indústria 4.0.

A adoção de tais tecnologias não só reduz custos operacionais, mas também valoriza os imóveis no mercado, atrai empresas que seguem políticas de ESG e oferece aos usuários um ambiente mais confortável, seguro e eficiente, consolidando os edifícios inteligentes como um diferencial competitivo no setor corporativo.

#### 3.2 RESIDÊNCIA E HABITAÇÃO POPULAR

Mesmo em residências de médio padrão e em habitações populares, as soluções inteligentes têm se tornado cada vez mais acessíveis, graças à redução de custos dos dispositivos, à conectividade ampliada e à maior familiaridade dos usuários com tecnologias digitais. Sistemas antes restritos a edifícios de alto padrão agora podem ser aplicados em lares comuns, trazendo benefícios em conforto, economia e segurança.

Entre as soluções mais utilizadas estão a **iluminação inteligente com sensores de presença e luminosidade**, que reduz o consumo em áreas comuns e aumenta a durabilidade das lâmpadas; o **controle remoto de dispositivos via aplicativos móveis**, permitindo acionar equipamentos à distância e programar seu uso para maior eficiência; e o **monitoramento individualizado do consumo de água, energia e gás**, que estimula o uso consciente e facilita a divisão justa das despesas em condomínios.

Essas tecnologias possuem instalação simples, custos reduzidos e podem ser adotadas de forma modular, adaptando-se ao orçamento de famílias e condomínios. Além da economia financeira, oferecem benefícios como sustentabilidade, segurança e melhoria da qualidade de vida em áreas urbanas densas. Programas habitacionais, como o **Minha Casa, Minha Vida**, e projetos de retrofit em conjuntos residenciais já incentivam sua adoção, ampliando a democratização das construções inteligentes no Brasil.

### 4. ANÁLISE DE CUSTOS

#### 4.1 INVESTIMENTO INICIAL

O investimento inicial em sistemas de automação predial varia de acordo com o porte, tipologia da edificação, escopo do sistema implantado e o grau de integração entre os subsistemas. De forma geral, os custos se distribuem conforme a tabela a seguir:

Tabela 1. Estimativa de custo de automação predial por tipo de edificação

Custo de Automação Predial			
Tipo da Edificação	Escopo do Sistema	Custo Médio (R\$/m <sup>2</sup> )	Exemplo de Custo Total Estimado
Edifício comercial de grande porte (>10 andares)	Automação completa (iluminação, HVAC, segurança, energia, BMS)	R\$ 180,00 a R\$300,00	5.000 m <sup>2</sup> → R\$ 900 mil a R\$ 1,5 milhão
Edifício Residencial de médio padrão	Automação parcial (iluminação e climatização inteligente)	R\$ 80,00 a R\$150,00	100 m <sup>2</sup> → R\$ 8 mil a R\$ 15 mil
Unidade Habitacional Popular	Sistema básico (sensores de presença, controle via app)	R\$ 40,00 a R\$ 80,00	70 m <sup>2</sup> → R\$ 2800,00 a R\$ 4900,00

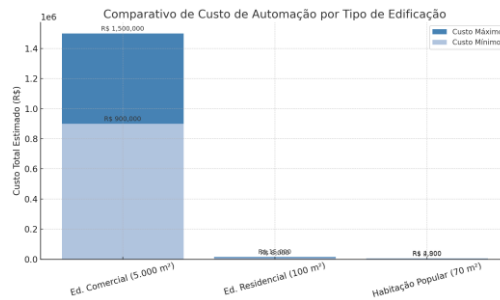
Empreendimentos corporativos de grande escala demandam sistemas completos de automação, incluindo climatização inteligente (HVAC), iluminação dimerizável, controle de acesso, monitoramento de energia e integração por BMS. O investimento varia de R\$180 a R\$300 por m<sup>2</sup>, totalizando valores entre R\$900 mil e R\$1,5 milhão em edifícios com 5.000 m<sup>2</sup>. Essa categoria apresenta o maior custo inicial, mas também o maior potencial de retorno, com economia operacional relevante.

Nessa tipologia, dos edifícios residenciais de médio padrão, as soluções adotadas tendem a ser modulares e voltadas para conforto e praticidade. Incluem iluminação por sensores, acionamento remoto de dispositivos, controle de ar-condicionado e integração com assistentes virtuais. O investimento médio gira entre R\$80 e R\$150 por m<sup>2</sup>, sendo viável a implantação em fases. Para um apartamento de 100m<sup>2</sup>, os custos variam entre R\$8 mil e R\$15 mil.

Na habitação popular, com foco em acessibilidade econômica, as habitações populares têm adotado soluções básicas, como sensores de presença, tomadas Wi-Fi e automação de iluminação. A implantação pode ser feita de forma pontual, com custos entre R\$40 e R\$70 por m<sup>2</sup>. Para uma unidade de 70m<sup>2</sup>, o investimento varia de R\$2.800 a R\$4.900, tornando a automação viável mesmo em contextos de baixa renda.

O gráfico a seguir ilustra a variação do custo total estimado de automação predial conforme o tipo de edificação analisada:

Figura 1. Gráfico de Comparativo de custo de automação por tipo de edificação. (autoria própria)



Essa representação reforça o impacto da escala e do nível de automação sobre o orçamento, além de demonstrar que a tecnologia é aplicável a diversos contextos construtivos.

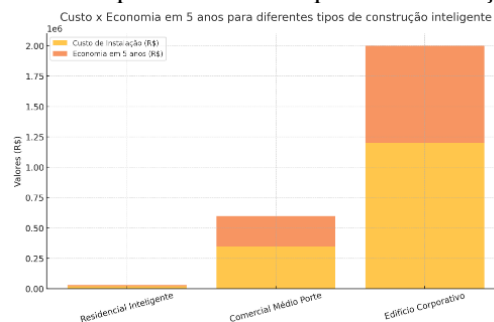
A implantação de sistemas inteligentes pode ser realizada de forma escalável, adaptando-se ao orçamento e à tipologia do edifício. A utilização de metodologias como o BIM durante o projeto contribui para reduzir custos indiretos, melhorar a compatibilização entre sistemas e facilitar futuras manutenções. Segundo Rocha et al. (2020), a adoção de BIM pode reduzir em até 15% os custos com retrabalhos durante a implantação da automação.

#### 4.2 PAYBACK (RETORNO FINANCEIRO)

De acordo com o U.S. Department of Energy (2020), edificações inteligentes apresentam uma economia média de 20% a 30% no consumo anual de energia elétrica, o que contribui diretamente para a amortização do investimento inicial em automação predial. O retorno financeiro (payback) pode ocorrer entre 2 e 5 anos, dependendo do porte do projeto, do perfil de consumo energético e do grau de automação implementado.

A seguir, apresenta-se um comparativo entre o custo médio de instalação e a economia acumulada em 5 anos, considerando uma economia conservadora de 20% ao ano:

Figura 2. Custo x Economia em 5 anos para diferentes tipos de construção inteligente. (autoria própria)



### 5. MELHORIAS E TENDÊNCIAS FUTURAS

Com a digitalização da construção civil e o avanço das práticas de sustentabilidade, algumas diretrizes surgem como estratégicas para impulsionar as construções inteligentes no Brasil. Entre elas, destaca-se a **adoção obrigatória do BIM**, que permite compatibilizar projetos multidisciplinares e reduzir conflitos, aumentando a eficiência na instalação de sistemas inteligentes.

Outra tendência é a **integração com fontes de energia renovável**, sobretudo a solar fotovoltaica, associada à automação para gerenciar cargas em tempo real e ampliar a autossuficiência energética dos edifícios. Também ganha relevância o uso de **inteligência artificial e edge computing**, capazes de prever padrões de consumo, detectar falhas e promover manutenção preditiva, garantindo melhor desempenho operacional.

No campo regulatório, a **atualização das normas técnicas brasileiras** é fundamental para padronizar protocolos de comunicação, assegurar a interoperabilidade entre sistemas, reforçar a segurança cibernética e elevar a qualidade da automação predial. Por fim, a **capacitação interdisciplinar de engenheiros e projetistas** se torna essencial, com inclusão de conteúdos sobre IoT,

BIM, eficiência energética e integração de sistemas nos cursos de Engenharia e Arquitetura, preparando profissionais para as demandas da construção 4.0.

## 6. CONCLUSÃO

As construções inteligentes representam uma evolução natural da edificação contemporânea, integrando tecnologias de automação, sensores, Internet das Coisas (IoT) e sistemas de gestão predial a uma infraestrutura civil planejada para receber e sustentar essas inovações. A convergência entre as engenharias Civil e Elétrica é fundamental para garantir que essas soluções sejam viáveis, eficientes e sustentáveis ao longo do ciclo de vida da edificação.

A partir da análise técnica apresentada, verifica-se que a automação predial pode proporcionar reduções significativas no consumo de energia — entre 20% e 30% ao ano — com retorno financeiro em médio prazo, além de ganhos expressivos em conforto, segurança, manutenção e valorização do imóvel. A viabilidade econômica, inclusive em contextos de habitação popular, mostra que a democratização dessas tecnologias é possível e desejável.

Contudo, para que o avanço das construções inteligentes se consolide no Brasil, é necessário enfrentar desafios estruturais, como a falta de normatização específica, a necessidade de formação multidisciplinar dos profissionais e a integração precoce entre os projetos de engenharia. A adoção de ferramentas como o BIM, a integração com fontes renováveis de energia e o uso de inteligência artificial para manutenção preditiva são caminhos promissores que devem ser fortalecidos.

Portanto, construir de forma inteligente não se limita a incorporar dispositivos tecnológicos, mas sim a planejar edificações mais conscientes, integradas e resilientes — onde a engenharia atua como agente transformador do ambiente urbano, com foco em eficiência, conectividade e sustentabilidade.

## 7. REFERÊNCIAS

ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. *ASHRAE Handbook – HVAC Applications*. Atlanta, GA: ASHRAE, 2019.

GhaffarianHoseini, A. et al. *What is an intelligent building?* Energy and Buildings, v. 109, p. 207–219, 2016.

Nascimento, R. et al. *Integração entre projetos civis e elétricos em edificações automatizadas*. Revista Brasileira de Construção Civil, v. 8, n. 1, p. 56–68, 2021.

Oliveira, P.; Santos, D. *Aplicações de IoT na construção civil brasileira: uma revisão sistemática*. Anais do ENIC, v. 18, n. 2, p. 215–228, 2022.

Rocha, L. et al. *Automação predial no contexto da engenharia multidisciplinar*. Anais do Congresso de Engenharia Civil e Elétrica Integrada (CECEI), 2020.

SINDUSCON-SP – Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo. *Custos médios de automação predial no Brasil*. Boletim Técnico, São Paulo, 2022.

U.S. Department of Energy (DOE). *Smart Building Technologies: Accelerating Deployment and Performance*. Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, Washington, DC, 2020.