

BIM PARA GESTÃO DE ATIVOS EM INFRAESTRUTURA DE SAÚDE PÚBLICA: ESTUDO DE CASO DE RESPOSTA A FALHA CRÍTICA NO CENTRO DE PESQUISA, INOVAÇÃO E VIGILÂNCIA EM COVID-19 E EMERGÊNCIAS SANITÁRIAS (CPIVCES)/FIOCRUZ

Luiz Fernando da Silva ⁽¹⁾, Ana Beatriz Alves Cuzzatti ⁽²⁾, Vinícius Peixoto Medina ⁽³⁾, Bruno Amorim de Souza ⁽⁴⁾

(1) Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, ID ORCID 0009-0004-1830-7622

(2) Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, ID ORCID 0009-0008-4733-9657

(3) Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, ID ORCID 0000-0003-0867-9081

(4) Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, ID ORCID 0009-0005-3034-452X

Resumo

A Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) vem avançando na adoção do *Building Information Modeling* (BIM) para apoiar a operação e manutenção de ativos de infraestrutura. Este artigo apresenta um estudo de caso de aplicação do BIM para gestão de ativos no Centro de Pesquisa, Inovação e Vigilância em COVID-19 e Emergências Sanitárias (CPIVCES), edifício de aproximadamente 12.000 m² com laboratórios de biossegurança NB2 e NB3, construído com uso de BIM em 2021 [1]. Em agosto de 2025, ocorreu falha crítica em um transformador de 2500 kVA associado à alimentação elétrica do sistema HVAC, impondo risco operacional a ambientes controlados essenciais à pesquisa. A abordagem adotada integrou o modelo BIM *as-built* a dados históricos de manutenção preventiva e corretiva, articulados ao sistema supervisor de monitoramento em tempo real, apoiando a localização do ativo, análise de condição e histórico, planejamento de substituição e coordenação de manobras durante 21 dias de operação em contingência. Os resultados são apresentados como capacidades operacionais e informacionais observadas durante a resposta ao evento, com foco no suporte à tomada de decisão em infraestrutura crítica de saúde pública. O caso reforça a relevância do BIM orientado à operação e manutenção e contribui para a discussão sobre BIM 7D e gestão de ativos em organizações públicas de saúde.

1. Introdução

Infraestruturas públicas de saúde e pesquisa operam sob criticidade elevada, nas quais a confiabilidade de sistemas prediais e utilidades, como energia elétrica, água, gases e Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (HVAC), influencia diretamente a continuidade dos serviços e das atividades de pesquisa. A qualidade e a eficiência do ambiente de trabalho são essenciais para o bem-estar e a produtividade dos colaboradores [2], condição acentuada em edifícios com ambientes controlados e laboratórios sujeitos a requisitos de biossegurança.

A indisponibilidade de sistemas críticos pode comprometer condições ambientais de operação e impor restrições técnicas, laborais e institucionais de elevada relevância.

No campo da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO), o BIM tem sido progressivamente associado a ganhos de coordenação e rastreabilidade informacional ao longo do ciclo de vida dos ativos. No entanto, parte significativa das implementações permanece concentrada nas fases de projeto e obra, enquanto a consolidação do BIM orientado à operação e manutenção enfrenta barreiras estruturais — qualidade do modelo BIM *as-built*, governança de dados de ativos, integração com rotinas de manutenção e articulação com sistemas de supervisão e controle. Teicholz [3] destaca que a implementação do BIM para a gestão de *facilities* exige integração com múltiplos sistemas corporativos preexistentes — como sistemas de automação predial, GIS e ERP — e que organizações precisam desenvolver planos de implantação e padrões internos para que essa transição seja bem-sucedida, coexistindo com plataformas CAD e sistemas legados por um período considerável. Essa constatação, formulada na literatura internacional, encontra eco direto nos desafios observados no presente caso.

Este artigo parte do entendimento de que, em situações de falha crítica, o principal valor do BIM na operação não está necessariamente em permitir comparações contrafactuais do tipo "com BIM versus sem BIM" — frequentemente inviáveis pela ausência de linha de base —, mas em evidenciar as capacidades informacionais e operacionais efetivamente mobilizadas durante um evento real. Assim, o objetivo é descrever e analisar, por meio de um estudo de caso, como a integração entre um modelo BIM *as-built*, registros históricos de manutenção e monitoramento em tempo real apoiou a resposta a uma falha crítica de infraestrutura no Centro de Pesquisa, Inovação e Vigilância em COVID-19 e Emergências Sanitárias (CPIVCES), unidade da Fiocruz.

2. Objetivo e método

Este artigo analisa, por meio de estudo de caso real, o uso do BIM orientado à operação e manutenção como suporte à resposta técnica a uma falha crítica em infraestrutura de saúde pública, caracterizando as capacidades informacionais e operacionais mobilizadas na contingência e no planejamento de substituição do ativo.

Trata-se de estudo de caso único, descritivo-analítico, baseado em evento ocorrido em agosto de 2025 no CPIVCES, edifício de aproximadamente 12.000 m², com laboratórios NB2 e NB3, construído com uso de BIM em 2021. O evento envolveu falha crítica de um transformador de 2500 kVA vinculado ao sistema HVAC, com risco operacional sobre ambientes controlados essenciais à pesquisa. A coleta de dados abrangeu registros do modelo BIM *as-built*, histórico de manutenção preventiva e corretiva, dados do sistema supervisor e documentação técnica produzida durante os 21 dias de contingência. Os achados são apresentados como capacidades observadas no suporte à decisão e à coordenação técnica, sem comparações contrafactuais.

2.1 Fontes de dados e artefatos informacionais

2.1.1 Modelo BIM *as-built* do edifício como referência espacial e de identificação do ativo

A Figura 1 apresenta a visão geral do modelo BIM *as-built* do CPIVCES, utilizado como referência espacial para identificação de áreas funcionais, sistemas prediais e ativos de infraestrutura relevantes à operação e manutenção.

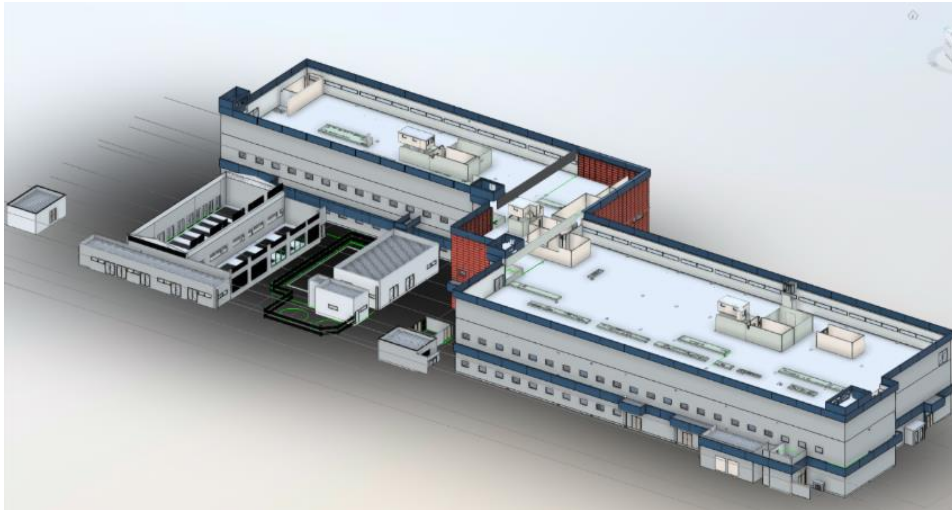


Figura 1: Visão geral do modelo *BIM as-built* do edifício CPIVCES

A Figura 2 detalha, no modelo BIM, a subestação do CPIVCES e a disposição dos principais ativos elétricos, incluindo transformadores, barramentos blindados, quadros de distribuição, sistemas de proteção e grupos geradores. Essa representação apoiou a identificação do transformador n.º 1, associado ao sistema HVAC, e dos sistemas correlatos impactados pela falha.

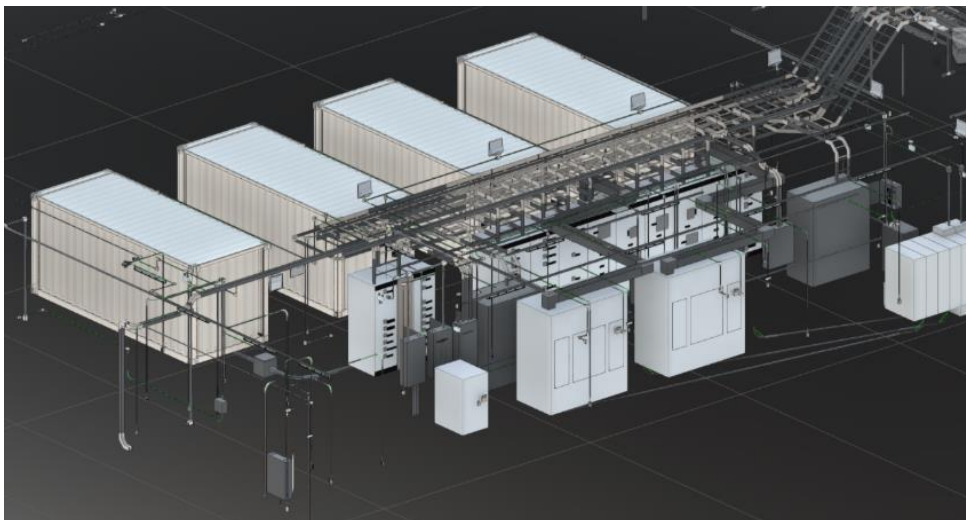


Figura 2: Ativos da sala dos transformadores e subestação na modelagem BIM.

2.1.2 Registos históricos de manutenção associados ao ativo e a sistemas correlatos.

A Tabela 1 sintetiza os planos de manutenção preventiva dos sistemas elétricos e da subestação do CPIVCS.

Tabela 1: Manutenção preventiva na subestação do CPIVCS.

Tipo de plano	Qtde
Manutenção preventiva de quadro elétrico	80
Manutenção preventiva semanal de subestações	62
Manutenção preventiva anual de subestações	1
Total	143

Extraídos do SGM entre dezembro de 2024 e fevereiro de 2026, os dados totalizam 143 procedimentos preventivos em quadros elétricos e rotinas de subestação, voltados ao diagnóstico operacional dos ativos e ao suporte a intervenções corretivas, tendo como balizamento técnico normas internacionais de baixa e média tensão [4], [5], proteção contra descargas atmosféricas [6] e segurança em serviços com eletricidade [7].

A Tabela 2 apresenta as principais ações corretivas registradas no mesmo período.

Tabela 2: Manutenção corretiva na subestação do CPIVCS.

Tipo de corretiva	Qtde
Manutenção em painel de banco de capacitores	4
Substituição de três fusíveis HH 200A classe 15/17,5kV.	1
Ajuste da corrente nominal do disjuntor geral da ETE	1
Operação da subestação e acionamento dos geradores do sistema HVAC.	1
Verificação e inspeção técnica do transformador nº1 devido a falha.	1
Total	8

As oito ocorrências corretivas incluíram substituição de fusíveis, ajustes em disjuntores, inspeções técnicas e operações emergenciais, parte delas associada à falha do transformador n.º 1, evidenciando sua criticidade para a continuidade das atividades de pesquisa.

2.1.3 Sistemas SGM e supervisorio como suporte operacional em tempo real

A Figura 3 apresenta a interface do SGM utilizado para registro, hierarquização e acompanhamento das ordens de manutenção dos ativos do CPIVCS, em articulação com as informações do modelo BIM.

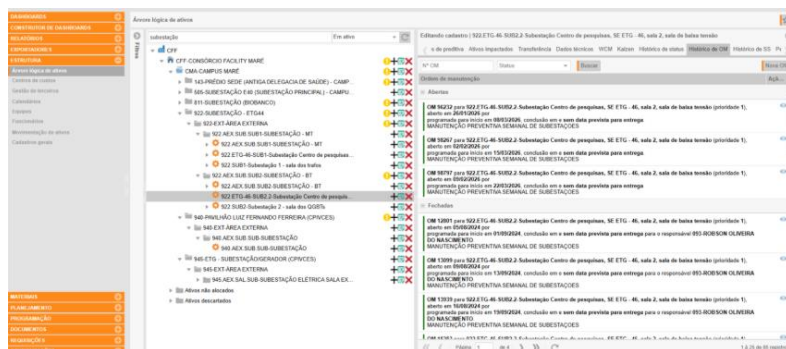


Figura 3: Interface do SGM para o gerenciamento dos ativos da edificação.

A Figura 4 apresenta a interface do sistema supervisor dos QGBT, com medições em tempo real associadas à operação e à qualidade da energia elétrica, como tensão, corrente, potência, fator de potência, frequência, temperatura, consumo acumulado e distorção harmônica [8], utilizadas na análise do comportamento elétrico da edificação durante a ocorrência.

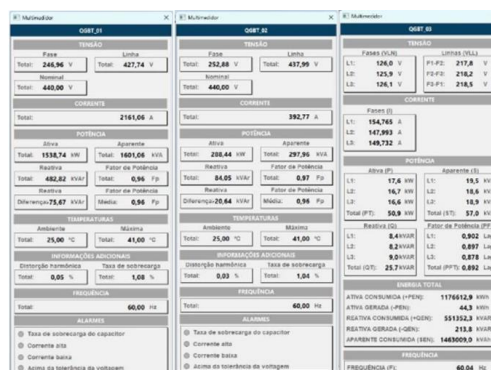


Figura 4: Interface do sistema supervisor dedicados às medições dos QGBT da edificação.

2.2 Procedimento de análise. Reconstrução cronológica do evento e da contingência.

Em uma manhã de agosto de 2025, o sistema supervisor registrou o acionamento automático dos grupos motogeradores responsáveis pelo suprimento de energia do CPIVCES. A análise preliminar considerou parâmetros elétricos monitorados, registros de eventos, comportamento das cargas críticas atendidas pelos geradores e localização de ativos no modelo BIM. A hipótese inicial considerou que perturbações na qualidade da energia da rede poderiam ter atingido limites de sensibilidade parametrizados nos dispositivos de proteção e controle, acionando os geradores como medida de contingência operacional e segurança das instalações. Constatado que a ocorrência estava isolada à subestação do CPIVCES, procedeu-se à inspeção dos equipamentos de média tensão. A avaliação do cubículo indicou abertura dos fusíveis de proteção do transformador n.º 1 e avaria física nas bobinas de média tensão H2 e H3.

3. Resultados

3.1 Caracterização do evento e condições de contingência

O evento impôs restrições operacionais aos ambientes controlados do CPIVCES e exigiu 21 dias de operação em contingência até a substituição do equipamento. A Figura 5 apresenta o registro do QGBT-01 na data da ocorrência, indicando queda abrupta da corrente, de aproximadamente 1.750A para zero, acompanhada de redução significativa da tensão de linha.

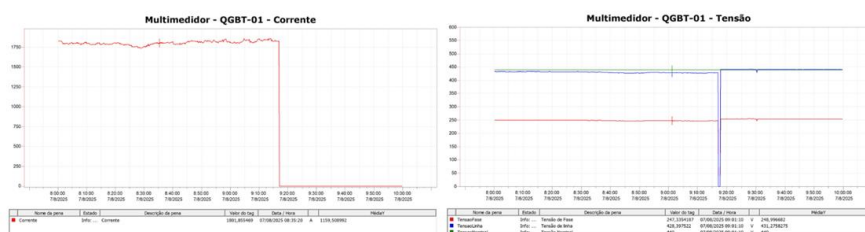


Figura 5 – Registro de corrente e tensão no QGBT 01 durante a ocorrência da falha

A análise integrada entre supervisor e modelo BIM não indicou, no momento da falha, sobrecarga, variação anormal da alimentação da distribuidora ou acionamento de carga de grande porte, reforçando a hipótese de avaria associada ao transformador n.º 1.

3.2 Uso do modelo BIM *as-built* para identificação, localização e caracterização

A Figura 6 evidencia o uso do modelo BIM *as-built* para identificação e localização do transformador n.º 1. Enquanto o supervisor registrou o evento em tempo real, o modelo contextualizou o ativo no espaço físico e, em conjunto com os registros do SGM (Tabelas 1 e 2), apoiou a comunicação entre equipes e a definição das frentes de intervenção, incluindo acesso, dimensões, interfaces com sistemas correlatos e requisitos iniciais para a substituição. Após a detecção da falha pelo supervisor, em poucos minutos, o modelo BIM permitiu localizar o transformador n.º 1, com identificação da sala, seu gabinete e os sistemas correlatos impactados. A consulta ao histórico de manutenção no SGM, integrada aos atributos do modelo, permitiu verificar as últimas intervenções preventivas, incluindo inspeção semanal realizada três dias antes da falha e as corretivas registradas, apoiando a decisão técnica pela substituição imediata. O caso evidenciou, assim, ganhos de localização espacial, rastreabilidade histórica e coordenação visual em relação a fluxos informacionais e fragmentados.

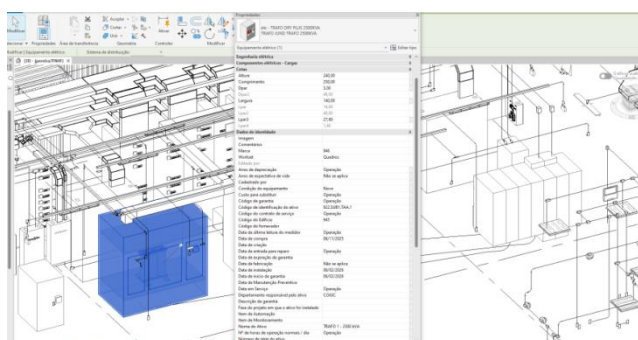


Figura 6 - Modelo BIM *as-built* como base de dados para operação e manutenção.

3.3 Planejamento da substituição e coordenação de intervenções

Nos primeiros sete dias de contingência, o CPIVCS operou apenas com o transformador n.º 2, responsável pelas cargas prediais e pelo sistema HVAC, exigindo contingenciamento com prioridade para laboratórios NB3 e salas com requisitos especiais de biossegurança. A integração BIM-supervisor apoiou o monitoramento, em tempo real, das demandas elétrica e térmica por zona funcional do edifício, subsidiando decisões diárias sobre operação plena ou restrições temporárias.

A partir do oitavo dia, a estratégia incluiu o acionamento programado dos geradores entre 11h e 16h, período de maior demanda térmica, permitindo o atendimento integral das cargas. O modelo BIM apoiou a identificação dos circuitos de transferência automática, a verificação operacional dos geradores e o mapeamento das zonas prioritárias de climatização. Nesse período, o supervisor registrou 14 acionamentos programados, coordenados a partir da leitura integrada das demandas operacionais e da setorização espacial do modelo.

Após 21 dias, o sistema elétrico foi normalizado com a instalação, por locação, de novo transformador n.º 1. O modelo BIM *as-built* apoiou a geração de esquemáticos e detalhes técnicos da instalação e foi atualizado com os dados do equipamento, como TAG, fabricante, potência e data de instalação, garantindo a rastreabilidade do ativo para futuras intervenções.

4. Discussão

A resposta à falha crítica no transformador de 2500 kVA do CPIVCS evidencia quatro contribuições principais do BIM orientado à operação em infraestrutura crítica de saúde pública. Em primeiro lugar, o modelo BIM *as-built* funcionou como referência espacial unificada, apoiando a localização do ativo, o planejamento da retirada, o mapeamento de acessos e a identificação de sistemas correlatos. Conforme Teicholz [3], essa visualização integrada reduz o tempo de resposta e melhora a coordenação entre equipes multidisciplinares em emergências.

A arquitetura de informação adotada baseou-se em TAG alfanumérico comum ao modelo BIM e ao SGM, permitindo consultas cruzadas automáticas entre as bases. Os atributos incluíram fabricante, potência nominal, tensão primária/secundária, data de instalação e localização espacial. A qualidade do modelo BIM *as-built* foi assegurada por procedimentos nas fases de comissionamento e validação de atributos pelas equipes de engenharia de manutenção, antes da entrada em operação. Persistem, contudo, desafios relacionados à atualização contínua do modelo, à capacitação das equipes e à padronização dos fluxos de trabalho entre SGM e BIM, compatíveis com barreiras descritas na literatura sobre BIM-FM [3], [11].

Em segundo lugar, a integração entre BIM e SGM proporcionou rastreabilidade histórica do ativo. O acesso aos 143 registros de manutenção preventiva e às 8 ocorrências corretivas subsidiou decisões sobre condição operacional prévia, cumprimento de rotinas e fundamentação técnica para substituição. Sacks et al. [9] estimam em 12,4% dos custos anuais de O&M os impactos da falta de interoperabilidade; o caso demonstra ganhos práticos quando essa integração é implementada.

Em terceiro lugar, a articulação com o sistema supervisor permitiu contextualizar espacialmente os dados monitorados em tempo real. A queda abrupta de corrente, tensão e potência, analisada em conjunto com o modelo BIM, apoiou o contingenciamento de cargas, o acionamento programado dos geradores e o monitoramento durante os 21 dias de operação em contingência.

Em quarto lugar, o caso reforça que a efetividade do BIM na operação depende menos da existência isolada do modelo e mais da governança da informação, incluindo identificação unívoca do ativo, atributos padronizados, atualização do modelo BIM *as-built* e integração com rotinas de manutenção. Conforme o BIM “Project Execution Planning Guide” [10], organizações devem desenvolver padrões internos com metas, usos e infraestrutura de suporte à implementação. Os ganhos observados sintetizam-se em eficiência informacional, coordenação técnica e resiliência operacional durante contingências.

5. Conclusão

Este artigo apresentou um estudo de caso real de aplicação do BIM orientado à operação e manutenção como suporte à resposta técnica e operacional a um evento de falha crítica em um ativo da infraestrutura de uma instituição de saúde. A análise do evento, estruturada a partir da integração entre modelo BIM *as-built*, registros históricos de manutenção e monitoramento em tempo real, evidenciou capacidades informacionais e operacionais relevantes para a gestão de ativos em ambientes críticos.

Os achados reforçam que o valor do BIM na operação não reside apenas na existência do modelo, mas na qualidade da governança da informação do ativo e na sua integração com as rotinas operacionais estabelecidas [3]. No caso analisado, o modelo BIM contribuiu para reduzir incertezas de localização, apoiar a comunicação entre equipes, contextualizar espacialmente dados do sistema supervisor e subsidiar decisões técnicas durante os 21 dias de operação em contingência. A associação com registros históricos de manutenção ampliou a rastreabilidade do ativo e fortaleceu a consistência da análise técnica, em consonância com a literatura sobre BIM aplicado à gestão de instalações [9], [10].

O estudo também evidencia que a efetividade do BIM para operação e manutenção depende da qualidade dos dados gerados nas fases anteriores do ciclo de vida do empreendimento, especialmente da atualização do modelo *BIM as-built*, da identificação unívoca dos ativos, da padronização de atributos e da integração com sistemas de gestão da manutenção e supervisão. Como limitação, destaca-se a ausência de linha de base para mensuração formal de ganhos percentuais decorrentes do uso do BIM, limitação inerente a eventos reais não controlados. Também se reconhece a necessidade de maior detalhamento futuro sobre padrões de governança, arquitetura da informação e integração de dados entre BIM, SGM e sistemas supervisórios.

Como implicação prática, recomenda-se que iniciativas de BIM para gestão de ativos em saúde pública priorizem: a padronização do cadastro de ativos com TAGs unívocas e atributos padronizados segundo COBie; a atualização regular dos modelos *BIM as-built*; a integração planejada entre BIM, SGM e sistemas supervisórios; a capacitação contínua das equipes de O&M para o uso do modelo; e a consolidação de indicadores de desempenho baseados em dados estruturados [9], [11]. As lições aprendidas reforçam a necessidade de envolver equipes de O&M desde as fases iniciais, assegurar a qualidade do modelo *as-built* e consolidar governança institucional para sustentabilidade do BIM-FM ao longo do ciclo de vida. Como agenda futura, a integração entre BIM, Digital Twin, IoT e análise preditiva pode ampliar a capacidade de monitoramento, antecipação de falhas e suporte à decisão em infraestruturas críticas [2], [12], [13].

Referências

- [1] S. Pereira, E. Juvêncio, M. Vieira, e P. Abirached, “Contratação integrada de obra emergencial em BIM - Desafios e benefícios para um órgão público no Brasil”, em *5º Congresso Português de Building Information Modelling Volume 2*, 1º ed., UMinho Editora, 2024. doi: 10.21814/uminho.ed.164.38.
- [2] G. Piras, S. Agostinelli, e F. Muzi, “Smart Buildings and Digital Twin to Monitoring the Efficiency and Wellness of Working Environments: A Case Study on IoT Integration and Data-Driven Management”, *Applied Sciences*, v. 15, n. 9, p. 4939, abr. 2025, doi: 10.3390/app15094939.
- [3] P. Teicholz, Ed., *BIM for Facility Managers*. Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons, 2013.
- [4] IEC 60364-1:2005. “Low-voltage electrical installations - Part 1: Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions”, International Electrotechnical Commission, 2005.
- [5] IEC 61936-1:2021. “Power installations exceeding 1 kV AC and 1,5 kV DC - Part 1: AC”, International Electrotechnical Commission, 2021.

- [6] IEC 62305-1:2010. “Protection against lightning - Part 1: General principles”, International Electrotechnical Commission, 2010.
- [7] NFPA 70E. “Standard for Electrical Safety in the Workplace”, National Fire Protection Association, 2024.
- [8] Fortes, M. Z., Medina, V. P., Martinho, J. C. G., & Cosentino, G. V., “Análise da qualidade de energia de um sistema fotovoltaico conectado a uma rede de baixa tensão.”, *Revista Augustus*, v. 25, n. 52, mar. 2020, doi: 10.15202/1981-1986.v25n52p353
- [9] R. Sacks et al., *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers*, 4th ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2025.
- [10] R. Sacks et al., "BIM for Owners and Facility Managers," in *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers*, 4th ed., Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2025, pp. 145-216.
- [11] Computer Integrated Construction Research Program, *BIM Project Execution Planning Guide*, Version 3.0. Pennsylvania State University, 2023. [Online]. Available: <https://psu.pb.unizin.org/bimprojectexecutionplanning/>
- [12] L. Sabol, "BIM Technology for FM," in *BIM for Facility Managers*, P. Teicholz, Ed., Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2013, pp. 17-45.
- [13] H. Yi et al., "Production Logistics in Industry 3.X: Bibliometric Analysis, Frontier Case Study, and Future Directions," *Systems*, vol. 11, no. 7, p. 371, Jul. 2023, doi: 10.3390/systems11070371.