XXII SITRAER 2025
Simpósio de Transporte Aéreo

PRIORIZAÇÃO DE CRITÉRIOS TÉCNICOS VISANDO AUTOMATIZAR O PROCESSO DE ACEITAÇÃO DE PROJETOS AEROPORTUÁRIOS JUNTO À SECRETARIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (SAC)

Ítalo Santos[1], Nakita Souza[1], Max Andrade[1], Gustavo Barbosa[1], Viviane Falcão[1], Adriana Rolim[2], Mariana Guimarães[2], Emerson Melo[2], Flávio Souza[1], Renata Batista[1]
1. Universidade Federal de Pernambuco
2. Secretaria Nacional de Aviação Civil

*** Corresponding author e-mail address**: italo.guedes@ufpe.br

PAPER ID: SIT1241160

ABSTRACT

Regional aviation plays a strategic role in Brazil's economic and social development. In this context, the National Civil Aviation Secretariat (SAC) holds a key position in formulating and implementing public policies, managing resources from the National Civil Aviation Fund (FNAC), coordinating Brazil's representation before international aviation bodies, and, most notably, overseeing airport infrastructure projects nationwide. Focusing on this last aspect, this study presents results from a Decentralized Execution Term (TED) signed between SAC and the Federal University of Pernambuco (UFPE), which aims to enhance the audit process of Airport Projects (PA) submitted to SAC's Airport Project Coordination Unit (CGPA). The initiative proposes the development of an automated verification process for regulatory requirements based on Building Information Modeling (BIM). The methodology was structured around three pillars: (i) field studies with the CGPA/SAC technical team, (ii) iterative development of support tools for analysis, and (iii) application of multicriteria decision-making techniques. A total of 2,821 requirements, distributed across 35 technical specialties, were analyzed to identify codifiability patterns and normative prioritization. As key outcomes, hierarchical frameworks of the most relevant specialties, categories, and requirements were consolidated, including a synthetic ranking of the top five, ten, and fifteen specialties based on interviews with seven CGPA/SAC analysts. In addition, a proof-of-concept test was conducted in the Solibri Office® environment, demonstrating the feasibility of automating selected rules. These findings support the implementation of an automated verification pipeline within SAC, promoting greater efficiency, traceability, and standardization in the technical acceptance of airport project submissions.

Keywords: Airport, Acceptance Process, BIM, Multicriteria Analysis, Evaluation.

PAPER ID: SIT1241160

PRIORIZAÇÃO DE CRITÉRIOS TÉCNICOS VISANDO AUTOMATIZAR O PROCESSO DE ACEITAÇÃO DE PROJETOS AEROPORTUÁRIOS JUNTO À SECRETARIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (SAC)

1 INTRODUÇÃO

O processo de aceitação de projetos aeroportuários conduzido pela Secretaria Nacional de Aviação Civil (SAC) é orientado por manuais, normas e regulamentos, tais como os Regulamentos Brasileiros da Aviação Civil (RBAC), o Manual de Projetos Aeroportuários (SAC, 2021), o Anexo 14 da International Civil Aviation Organization (ICAO) e o Airport Development Reference Manual da IATA (2022). Atualmente, a análise técnica desses projetos é predominantemente realizada de forma não automatizada, baseada na inspeção manual de documentos e modelos digitais. Embora ferramentas como o Navisworks sejam utilizadas para revisão visual e detecção de interferências, a ausência de processos de code checking estruturados resulta em elevado tempo de tramitação. Nesse contexto, a Modelagem da Informação da Construção (BIM), apoiada por ferramentas de Verificação e Validação de Normas (Code Checking & Validation - CC), surge como uma alternativa para aumentar a eficiência, a padronização e a auditabilidade na análise regulatória (Eastman et al., 2018; Sacks et al., 2018).

Desde 2023, por meio de Termo de Execução Descentralizada (TED) celebrado com a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), a SAC tem desenvolvido ações voltadas à modernização do processo de aceitação de projetos, com foco na verificação e validação normativa apoiada em modelos BIM. O TED é um instrumento jurídico que permite a descentralização de créditos orçamentários entre órgãos da Administração Pública Federal para a execução de ações de interesse recíproco (Ministério de Portos e Aeroportos, 2025). Pesquisas anteriores a esse TED abordaram a padronização de modelos digitais para suporte à verificação automatizada (Guedes *et al*., 2022) e a aplicação de algoritmos de aprendizado de máquina na predição de conformidade técnica (Guedes *et al*., 2023). Este artigo, por sua vez, concentra-se na Etapa 8 do TED, que consiste na definição de critérios para ranqueamento e priorização de requisitos normativos usados durante o processo de aceitação de projetos aeroportuários realizados pela Coordenação-Geral de Projetos Aeroportuários (CGPA), vinculada ao Departamento de Investimentos (DINV) da Secretaria Nacional de Aviação Civil (SAC). Para aceitação dos projetos apresentados à SAC é necessário que atendam a uma lista de 2.821 requisitos distribuídos em 35 especialidades (TED SAC–UFPE, 2025). Caso cumpram os requisitos, os projetos são considerados conforme, caso não atendam, precisam ser revisados. Este artigo mostra como identificar os requisitos a serem considerados como significativos a serem checados no software *Solibri Office*® por meio de regras baseadas em parâmetros e operadores lógicos definidos em Modelos BIM que estejam no esquema de dados *Industry Foundation Classes* (IFC).

Estudos recentes destacam avanços na digitalização de processos normativos por meio da integração de BIM, Inteligência Artificial (IA), ontologias e sistemas de interpretação automática de normas (Li, Jiang & Xu, 2025; Chen *et al*., 2025). Essas pesquisas exploram a conversão de textos regulatórios em representações formalmente executáveis, visando automatização e precisão na verificação de modelos. No entanto, ainda são escassas as aplicações voltadas a contextos regulatórios públicos, especialmente aquelas que conciliam critérios técnicos, operacionais e normativos para priorização de exigências. Este artigo contribui para suprir essa lacuna ao propor um modelo de priorização de requisitos regulatórios com base em técnicas de apoio multicritério à tomada de decisão. A partir da hierarquização desses requisitos, serão definidos os itens estratégicos a serem convertidos em regras paramétricas, promovendo a automatização progressiva do processo de verificação digital dos modelos BIM submetidos à CGPA/SAC.

A partir do checklist da CGPA/SAC, foram analisados 2.821 requisitos técnicos distribuídos em 35 especialidades, considerando três critérios principais: relevância normativa, tempo estimado de verificação manual e potencial de codificação em regras paramétricas ou *Information Takeoffs*

(ITO). A abordagem metodológica envolveu a categorização dos requisitos, realização de entrevistas com analistas da CGPA/SAC e aplicação experimental de regras no software *Solibri Office*®, utilizando Modelos de Informação do Projeto (*Project Information Models* – PIM). Como resultado, foi estruturada uma metodologia sistemática de seleção e hierarquização de requisitos com viabilidade de automação, promovendo maior objetividade, rastreabilidade e padronização na análise técnica de projetos submetidos à equipe da CGPA/SAC.

2 METODOLOGIA

Este estudo adota uma abordagem aplicada e qualitativa, voltada à proposição de um modelo de priorização de requisitos técnicos normativos com potencial de verificação automatizada por meio de ferramentas de Code Checking and Validation (Succar, 2016). A proposta se baseia em técnicas de apoio multicritério à decisão, buscando hierarquizar os requisitos conforme critérios previamente definidos. A estratégia metodológica articula análise documental, categorização técnica e testes operacionais realizados no software *Solibri Office*®. Esse tipo de investigação se insere no escopo de pesquisas exploratórias que visam oferecer soluções práticas para problemas concretos em contextos regulatórios específicos (Gil, 2010).

2.1 Etapas de levantamento e categorização dos requisitos

A metodologia foi dividida em cinco fases principais: (i) levantamento e análise dos requisitos normativos extraídos do checklist técnico da CGPA/SAC; (ii) categorização dos requisitos por especialidade técnica, origem documental e tipo de verificação; (iii) construção de uma matriz de priorização baseada em critérios multicritério; (iv) programação de regras baseadas nos requisitos no software Solibri Office®; e (v) validação operacional das regras implementadas no software Solibri Office®, por meio de simulações realizadas em modelos BIM de terminais aeroportuários fornecidos ao projeto TED-SAC-UFPE.

2.2 Etapa de construção do ranqueamento para tomada de decisão multicritério

Na fase (iii), foi conduzida uma análise multicritério simplificada para priorização dos requisitos normativos. Inicialmente, os itens foram categorizados por especialidade e origem documental, de acordo com o checklist atualizado da CGPA/SAC. Em seguida, foram avaliados segundo quatro critérios principais: (i) esforço de verificação, (ii) tempo médio de verificação manual, (iii) complexidade e (iv) relevância normativa.

Essas avaliações foram realizadas por dois grupos de analistas da CGPA/SAC (G1 e G2), que atribuíram notas ordinais a cada critério. Para integrar os resultados, adotou-se a média harmônica das notas atribuídas pelos grupos, de modo a reduzir distorções entre as avaliações e destacar os requisitos de maior criticidade normativa e viabilidade de automação. As avaliações atribuídas pelos dois grupos (G1 e G2) foram posteriormente integradas por meio da média harmônica, de modo a reduzir distorções entre os julgamentos e consolidar um ranqueamento único das especialidades. Optou-se por uma hierarquização direta baseada em rankings ordinais, posteriormente integrados por meio da técnica de soma harmônica dos inversos.

Esse procedimento permitiu consolidar o ranqueamento dos requisitos e identificar um subconjunto de 106 itens prioritários, distribuídos principalmente entre as especialidades de Arquitetura, Geométrico, Estrutura de Concreto, Pavimentação e Estrutura Metálica. Esses requisitos serviram como base para a programação inicial de regras de verificação no ambiente Solibri Office®, orientando a priorização estratégica dos esforços de automação.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Perfil dos requisitos analisados

A análise dos 2.821 requisitos presentes no checklist técnico da CGPA/SAC possibilitou identificar padrões de concentração normativa relevantes para fins de automação. Os dados foram organizados a partir da categorização feita durante o projeto TED-SAC/UFPE, considerando critérios como relevância normativa, tipo de verificação e potencial de codificação paramétrica.

A Figura 1 apresenta essa distribuição e demonstra que especialidades como Arquitetura, Eletrônica, Pavimentação e Estrutura concentram uma parcela significativa do total, enquanto outras aparecem de forma menos expressiva. Esse panorama evidencia que a carga normativa não é homogênea. Algumas áreas reúnem centenas de requisitos em função da amplitude de documentos que as regulamentam e da diversidade de elementos e parâmetros envolvidos, enquanto outras disciplinas são regidas por um número limitado de regras específicas.

Essa etapa inicial é fundamental para compreender a dimensão do universo normativo e a dispersão das exigências entre especialidades, oferecendo um diagnóstico preliminar de onde se concentram os maiores desafios para a automação. Ao evidenciar a distribuição bruta dos requisitos, a análise estabelece as bases para a aplicação dos filtros subsequentes, que distinguem os itens passíveis de automação daqueles que, por sua natureza qualitativa ou interpretativa, permanecem dependentes da análise humana.

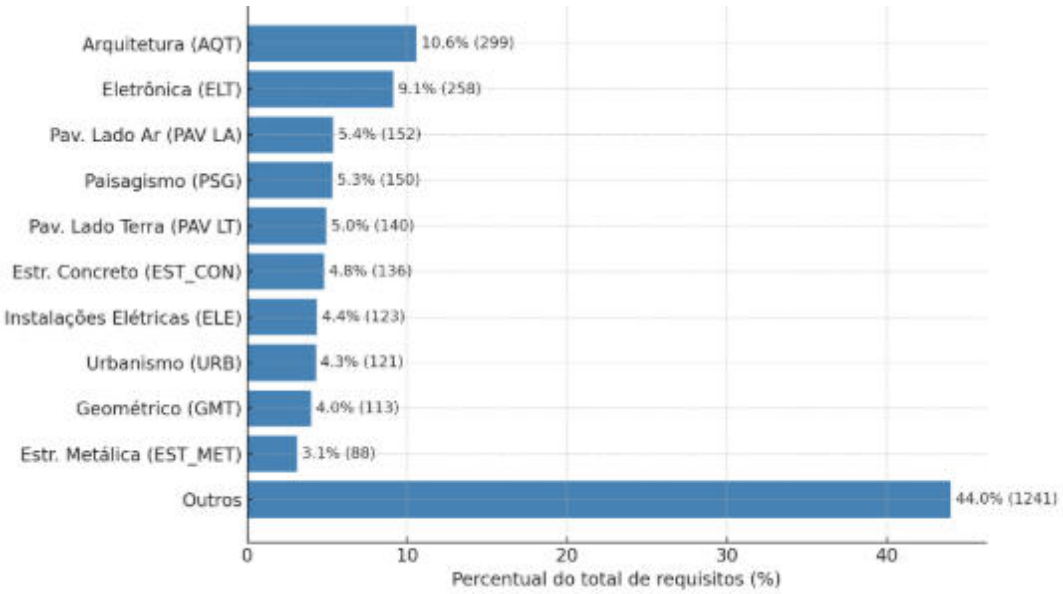


Figura 1 – Distribuição dos requisitos por especialidade no checklist da CGPA/SAC
Fonte: Os autores, 2025.

Além da análise por especialidade, os requisitos passíveis de automação foram organizados segundo o tipo de regra de checagem, conforme apresentado na Figura 2. Observa-se o predomínio de Regras Condicionais e de *Information Takeoff* (ITO), cada uma correspondendo a aproximadamente 40% dos itens passíveis. As primeiras estão associadas a verificações baseadas em condições lógicas simples, como larguras mínimas de corredores ou dimensões de áreas, enquanto o ITO refere-se à extração direta de informações de modelos BIM, especialmente voltadas à quantitativos e propriedades. Em proporções menores, aparecem as Regras Paramétricas (11,7%), voltadas a atributos e características construtivas de elementos, e as Regras Semânticas (8,4%), que dependem de relações entre componentes e espaços do projeto. Essa distribuição evidencia que a automação no contexto da SAC tende a concentrar esforços em verificações prescritivas simples e em extrações de dados, enquanto regras mais complexas ainda representam uma fração reduzida do universo de requisitos passíveis.

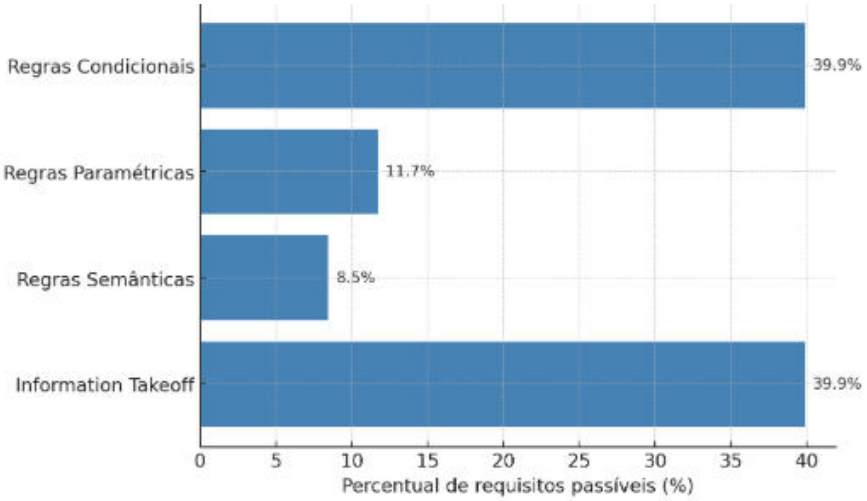


Figura 2 – Classificação dos requisitos segundo tipo de verificação
Fonte: Os autores, 2025.

A combinação dessas análises permitiu orientar a estruturação dos critérios de ranqueamento e a seleção das especialidades mais adequadas para as próximas etapas de automação. Ao priorizar requisitos com alta incidência, clareza normativa e forte compatibilidade com ambientes BIM, o método buscou equilibrar representatividade normativa com viabilidade técnica de implementação.

3.2 Estruturação das regras no ambiente de verificação

A partir do ranqueamento técnico dos requisitos mais recorrentes e normativamente críticos, foi realizada a estruturação inicial de regras paramétricas no software *Solibri Office*®, adotado como ferramenta de verificação automatizada. As regras foram agrupadas em blocos temáticos organizados por especialidade técnica e tipo de exigência (geométrica, informacional etc.). Cada regra foi documentada com campos estruturados contendo código identificador, categoria de análise, classificação da regra (Solihin; Eastman, 2015), componente IFC e template do SMC, além da descrição do requisito e a condição para a regra / ITO ser executada. Essa padronização visa garantir rastreabilidade, reuso e adaptação progressiva das regras a novos projetos.

O desempenho dessas regras está diretamente relacionado à qualidade dos modelos BIM submetidos, em especial à conformidade com o padrão *Industry Foundation Classes* (IFC) e ao preenchimento correto dos parâmetros exigidos. Modelos que não seguem padrões previamente definidos apresentaram limitações importantes para a automação, mesmo quando a lógica normativa era relativamente simples. Essa constatação reforça a necessidade de diretrizes claras de modelagem voltadas à verificação automática.

Dos 2.821 requisitos totais do checklist da CGPA/SAC, foi selecionado um subconjunto de 417 requisitos com maior potencial de serem automatizados. Essa priorização considerou critérios como frequência de ocorrência, criticidade normativa e viabilidade de parametrização (total ou parcial). A definição das especialidades mais relevantes para a estruturação inicial das bibliotecas de regras foi conduzida pelos autores com base em insumos fornecidos por analistas da CGPA/SAC, por meio de entrevistas técnicas estruturadas. A percepção dos analistas foi usada como um dos elementos de apoio, mas a seleção final foi responsabilidade dos autores.

A escolha dos critérios para ranqueamento foi orientada pela percepção da equipe técnica da CGPA/SAC quanto ao esforço demandado na análise de cada especialidade. As avaliações dos dois grupos de analistas (G1 e G2) foram consolidadas por meio da média harmônica, permitindo reduzir distorções entre julgamentos individuais e gerar um ranqueamento único. Dessa forma, as especialidades classificadas no grupo TOP 3 foram interpretadas como de importância muito alta; aquelas no TOP 5, como de importância média-alta; e as do TOP 10, como de importância média. Essa gradação subsidiou o planejamento das bibliotecas de regras, permitindo alinhar os esforços de

automação com as prioridades institucionais de análise, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1- Ranqueamento das especialidades segundo a média harmônica (Top 10)

Especialidade	Nota Final (Média Harmônica)	Ranking Final
Terraplenagem (TER)	1,33	1º
Arquitetura (AQT)	1,14	2º
Pavimentação (PAV)	0,70	3º
Geométrico (GMT)	0,55	4º
Estrutura Metálica (EST_MET)	0,43	5º
Fundações (FUN)	0,37	6º
Estrutura de Concreto (EST_CON)	0,36	7º
Drenagem (DRE)	0,34	8º
Instalações Mecânicas (MEC)	0,24	9º
Auxílios à Navegação Aérea (ANA)	0,22	10º

Fonte: Relatório 8 – TED SAC–UFPE (2025).

Com a aplicação desses filtros, foi possível reduzir a quantidade de requisitos a serem analisados para desenvolvimento de regras automatizadas a 106 requisitos, promovendo maior foco e eficiência nas etapas subsequentes. Como resultado, foram selecionados prioritariamente os requisitos passíveis das especialidades de Arquitetura, Geométrico e Estrutura de Concreto, que concentram os maiores volumes. Em seguida aparecem Pavimentação, Estrutura Metálica e Terraplenagem, completando o grupo das cinco especialidades mais representativas, responsáveis por aproximadamente 65% do total. A Figura 3 apresenta a distribuição dos requisitos entre as principais especialidades priorizadas, que serviram como base para o planejamento inicial das regras. Essa concentração evidencia que o esforço de automação deve se iniciar pelas disciplinas com maior impacto regulatório, enquanto especialidades com menor número de requisitos, como Drenagem, Auxílios à Navegação Aérea e Instalações Mecânicas, podem ser incorporadas de forma progressiva em fases posteriores.

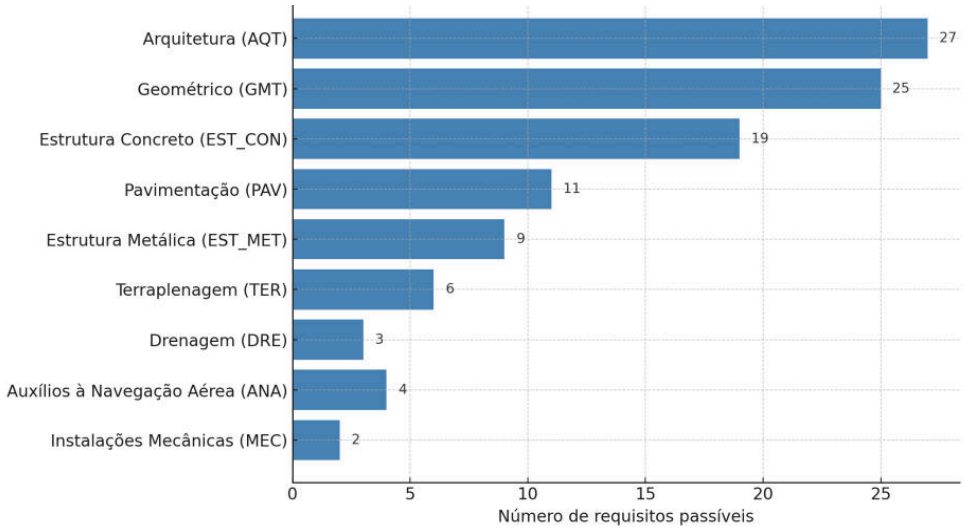


Figura 3 – Distribuição dentre as especialidades com os 106 requisitos passíveis para automação.
Fonte: Os autores, 2025.

3.3 Teste parcial (verificação automatizada)

As regras desenvolvidas foram parcialmente aplicadas, em caráter experimental, a modelos BIM de dois aeroportos regionais de pequeno porte, denominados Aeroporto Regional A e Aeroporto Regional B (nomes anonimizados por razões de confidencialidade institucional). Estes testes permitiram simular condições operacionais de uso da ferramenta de verificação automatizada. Durante a execução, foi possível identificar não conformidades de forma automática. A Figura 4 apresenta um exemplo de regra paramétrica criada para verificar, de forma automatizada, a integridade do modelo de arquitetura do Aeroporto Regional B. Essa regra detectou a presença de paredes modeladas em níveis distintos, porém associadas incorretamente ao mesmo nível. Quando executada no Solibri Office, a ferramenta evidenciou em vermelho a parede não conforme, que havia sido modelada como única parede vinculada ao pavimento térreo. Essa inconsistência comprometeria a capacidade da SAC de utilizar o modelo para simular adequadamente o planejamento físico da obra, um dos objetivos estabelecidos para os Usos BIM no âmbito do órgão (SAC, 2021, p. 49). À esquerda da Figura 4, é exibida a descrição do conjunto de regras (*Ruleset*) criado no Solibri Model Checker (SMC), o resultado da verificação automatizada e a síntese de 17 não conformidades identificadas.

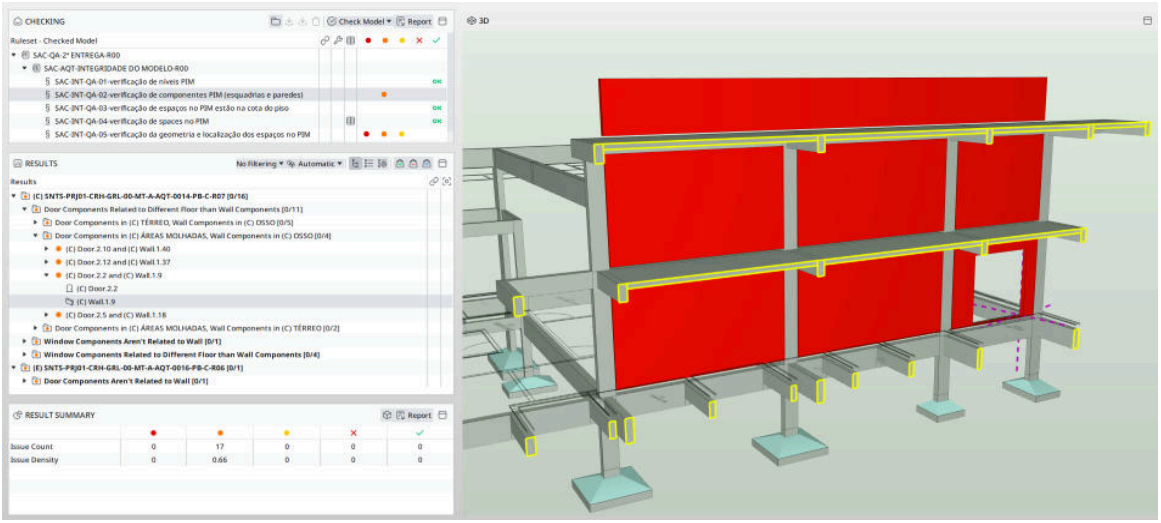


Figura 4 - Verificação automatizada de Integridade do modelo BIM do TPS do Aeroporto Regional B. Fonte: Os autores, 2025.

Embora esse exemplo da Figura 4 seja pontual, mostra como os requisitos podem ser transpostos para uma lógica de criação de regras paramétricas mediante a associação de parâmetros semânticos atribuídos a elementos IFC e operadores de verificação binária ou quantitativa. Esse processo permitirá automatizar análises que tradicionalmente dependerão de inspeção visual ou interpretação manual de normas técnicas.

Espera-se que, ao implementar o processo num grupo maior de requisitos. Modelos bem estruturados, com parâmetros consistentes e elementos corretamente classificados, tendem a apresentar maior taxa de detecção de não conformidades. Por outro lado, modelos com lacunas informacionais, inconsistências semânticas ou uso inadequado de elementos IFC podem dificultar a verificação automatizada ou gerar falsos negativos.

Estes achados, que vieram das análises iniciais, evidenciam a necessidade de discutir não apenas os requisitos mais importantes a serem testados, mas também a complexidade das regras e a necessidade de garantir um mínimo de qualidade dos modelos a serem testados. Nesse entendimento, torna-se premente reforçar a necessidade de diretrizes claras de modelagem voltadas à análise automatizada.

3.4 Documentação técnica e rastreabilidade das regras

Como parte do processo de sistematização, para cada requisito estabelecido serão criadas regras.

Estas preencherão um quadro de análise (QA) técnico contendo o vínculo entre o item normativo, a formulação lógica da verificação, os elementos do modelo utilizados e os parâmetros exigidos. Essa documentação, em construção, se dá a partir da adaptação de estruturas sugeridas na literatura técnica, permitindo garantir não apenas a rastreabilidade dos resultados, mas também a manutenção evolutiva da biblioteca de regras.

Esse tipo de instrumento técnico será essencial para promover transparência, auditoria e escalabilidade do processo de verificação automatizada, especialmente em contextos regulatórios como o da GCPA/SAC. Além da dimensão técnica, autores como Siebelink *et al.* (2020) apontam que a adoção institucional de *frameworks* de *code checking* requer um grau de maturidade organizacional elevado, incluindo equipes capacitadas, diretrizes claras de modelagem e infraestrutura para interoperabilidade, sob risco de inviabilizar os ganhos esperados com a automação.

A documentação gerada para cada regra deverá incorporar dados quantitativos consolidados por especialidade, permitindo associar os critérios de verificação aos setores com maior impacto regulatório. Essa abordagem reforça a rastreabilidade técnica e facilita a manutenção evolutiva da biblioteca de regras, alinhando-a às necessidades institucionais e às prioridades do processo de aceitação de projetos aeroportuários da CGPA/SAC.

3.5 Implicações práticas e recomendações

Os resultados obtidos nesta etapa, ainda que parciais, indicam para o potencial da verificação automatizada como mecanismo de apoio à análise técnica de projetos em ambientes regulatórios. Mesmo restrita a um subconjunto dos requisitos normativos inicialmente identificados, a automação demonstrou capacidade de gerar ganhos significativos de eficiência, padronização e rastreabilidade dos resultados. Os testes realizados reforçam a viabilidade do uso de ferramentas como o Solibri Office, desde que os modelos BIM estejam devidamente estruturados e alinhados às diretrizes informacionais estabelecidas.

Além disso, o método aqui apresentado se alinha a tendências internacionais, como as experiências conduzidas por órgãos como a General Services Administration (GSA, 2007), nos Estados Unidos, e a Civil Aviation Authority (CAA, 2019), no Reino Unido, que também têm adotado sistemas de validação automatizada em modelos BIM. A comparação sugere que os desafios enfrentados não são exclusivos da realidade brasileira, destacando-se especialmente a interoperabilidade entre modelos, a qualidade das informações entregues e a tradução computacional das normas técnicas.

Como encaminhamentos futuros, recomenda-se a implantação do método aos requisitos normativos indicados neste trabalho, acompanhado pelo desenvolvimento de uma biblioteca de regras, a formalização de guias de modelagem BIM especificamente orientados à verificação normativa digital e a promoção de ações de capacitação técnica para projetistas, modeladores e agentes públicos. A integração entre modelagem informacional, verificação automatizada e normatização digital representa um caminho promissor para modernizar e qualificar os processos de aprovação de projetos no setor aeroportuário nacional.

4 CONCLUSÃO

Este estudo apresentou resultados parciais do projeto TED-SAC-UFPE voltado à modernização do processo de aceitação de projetos aeroportuários da Secretaria Nacional de Aviação Civil (SAC) por meio da verificação automatizada de requisitos normativos apoiados no uso do *Building Information Modeling* (BIM). A análise de 2.821 requisitos técnicos distribuídos em 35 especialidades do checklist da Coordenação-Geral de Projetos Aeroportuários (CGPA) revelou que cerca de 20% dos requisitos apresentam potencial para automação, especialmente os classificados como geométricos e informacionais, que são os mais adequados para verificação automatizada.

A estruturação e implementação de regras desenvolvidas no software Solibri Office vão possibilitar a aplicação prática em modelos BIM reais de terminais aeroportuários. Os testes iniciais

sugerem que pode haver uma maior eficiência no tempo de análise e um aumento na precisão da identificação de não conformidades, incluindo verificações como áreas mínimas de sanitários para pessoas com deficiência, conformidade da cor em sinalização horizontal e altura adequada de balcões de atendimento. O método proposto se mostrou capaz de assegurar a rastreabilidade das análises, permitindo a geração de uma documentação técnica detalhada de cada regra, vinculando os itens normativos aos critérios de verificação e aos parâmetros do modelo.

A experiência, ainda que inicial, reforça que a automação representa um avanço estratégico para a SAC, alinhado às práticas internacionais adotadas por instituições como a General Services Administration (GSA, 2007) dos Estados Unidos e a Civil Aviation Authority (CAA, 2019) do Reino Unido.

Implicações práticas importantes incluem:

- A automação da verificação pode permitir ganhos substanciais de eficiência e precisão no processo de aceitação de projetos aeroportuários.
- A padronização e formalização das regras contribuem para maior transparência e rastreabilidade das avaliações técnicas, facilitando auditorias e garantindo conformidade regulatória.
- O uso integrado de BIM com ferramentas de verificação automatizada fortalece a governança técnica, promovendo a uniformização dos processos internos da CGPA/SAC e aumentando a confiança dos diversos stakeholders envolvidos.
- A adoção progressiva dessa abordagem abre caminho para a digitalização e automação progressiva de processos regulatórios mais complexos, incentivando a modernização institucional e a redução de custos operacionais.

Além das contribuições práticas, este estudo avança no campo acadêmico ao propor um método estruturado de priorização e verificação automatizada de requisitos normativos em projetos aeroportuários, integrando técnicas multicritério com modelagem BIM. Como limitações, ressalta-se o caráter parcial dos resultados, restritos a um subconjunto dos requisitos e a testes realizados em ambiente controlado, sem aplicação em processos regulatórios completos. Pesquisas futuras poderão expandir o método para outras fases do ciclo de vida de empreendimentos aeroportuários, explorar integração com técnicas de inteligência artificial para interpretação automática de normas e avaliar o impacto organizacional da adoção de verificação automatizada em larga escala.

Em suma, a implementação de processos de verificação automatizada em modelos BIM constitui um marco para a transformação digital do setor aeroportuário brasileiro, promovendo maior eficiência, qualidade e confiabilidade na análise e aceitação de projetos, e consolidando uma cultura de inovação e excelência na gestão pública.

5 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL – ANAC. (2019). RBAC nº 154: Requisitos para certificação e operação de aeródromos. Brasília: ANAC. https://www.anac.gov.br

CHEN, J., WU, L.-I., CHEN, M., QIAN, X., ZHU, H., ZHANG, Q., & LI, G. (2025). ARCEAK: An automated rule checking framework enhanced with architectural knowledge. arXiv. https://arxiv.org/abs/2501.14735

CIVIL AVIATION AUTHORITY – CAA. Guidance on the Use of BIM in Airport Development. London, 2019.

FUCHS, S., WITBROCK, M., DIMYADI, J., & LOVE, R. (2024). Using large language models for the interpretation of building regulations. arXiv. https://arxiv.org/abs/2407.21060

GENERAL SERVICES ADMINISTRATION – GSA. GSA BIM Guide Series. Washington, D.C., 2007.

GIL, A. C. (2010). Como elaborar projetos de pesquisa (6ª ed.). Atlas.

GUEDES, Í., ANDRADE, M., ZANCHETTIN, C. (2022). Machine learning applied in the evaluation of airport projects. Anais do XIX SITRAER.

GUEDES, Í., ANDRADE, M., ZANCHETTIN, C., & ROLIM, A. (2023). Machine learning applied in the evaluation of airport projects in Brazil based on BIM models. XXVII SIGradi.

INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION – IATA. (2022). Pub. L. No. 12, IATA, International Air Transport Association. ARDM, Airport development reference manual.

INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION – IATA. (2016). Airport development reference manual (11th ed.). Montreal: IATA.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION – ICAO. (2023). Annex 14 – Aerodromes. Montreal: ICAO. https://www.icao.int

LI, S., JIANG, Z., & XU, Z. (2025). BIM-based model checking: A scientometric analysis and critical review. Applied Sciences, 15(1), 49. https://doi.org/10.3390/app15010049

MINISTÉRIO DE PORTOS E AEROPORTOS – MPor. Termos de Execução Descentralizada – TED. Brasília, DF, 2025. Disponível em: https://www.gov.br/portos-e-aeroportos/pt-br/acesso-a-informacao/convenios-e-transferencias/termos-de-execucao-descentralizada. Acesso em: 11 set. 2025.

MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA – SECRETARIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (SAC). (2021). Manual de projetos aeroportuários (livro eletrônico). Brasília, DF.

SAATY, T. L. (1980). The analytic hierarchy process. McGraw-Hill.

SACKS, R., EASTMAN, C., LEE, G., & TEICHOLZ, P. (2018). BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors and facility managers (3rd ed.). Wiley.

SIEBELINK, S., BOTON, C., & GHANEM, A. (2020). Automating code compliance checking in construction using BIM and semantic technologies: A review. Buildings, 10(10), 168. https://doi.org/10.3390/buildings10100168

SOLIHIN, W., & EASTMAN, C. (2015). Classification of rules for automated BIM rule checking development. Automation in construction, 53, 69-82.

SOLIBRI. (2023). Solibri Office – Rule-based model checking and ITO documentation. https://www.solibri.com

SUCCAR, B., SALEEB, N., & SHER, W. (2016). Model uses: foundations for a modular requirements clarification language. Australasian Universities Building Education (AUBEA2016), 1-12.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO (UFPE); SECRETARIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (SAC). Relatório 8 – Projeto TED SAC–UFPE: Definição de critérios para ranqueamento e priorização de requisitos normativos. Recife; Brasília, 2025.