XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8674

Modelagem logística em Light Steel Framing para ampliação da financiabilidade de habitações de interesse social

Logistics Modeling in Light Steel Framing for Enhancing the Financeability of Social Housing

Josejane Bueno Fagundes
Universidade Federal de Goiás | Goiânia | Brasil | eng.josejanebf@gmail.com

Resumo
A ampliação do uso de sistemas construtivos industrializados em Habitações de Interesse Social (HIS) depende da capacidade de demonstrar previsibilidade, rastreabilidade e controle dos processos produtivos. No caso do Light Steel Framing (LSF), persistem barreiras relacionadas à financiabilidade dos empreendimentos em razão da percepção de riscos associados às etapas de fabricação, transporte, içamento e montagem. Nesse contexto, este estudo tem como objetivo propor um framework de governança logística auditável para empreendimentos executados em LSF, visando reduzir a assimetria de informações entre construtoras e agentes financiadores. A pesquisa caracteriza-se como aplicada e construtiva, fundamentada em revisão bibliográfica e análise documental de normas técnicas, diretrizes institucionais e literatura especializada sobre industrialização da construção, logística e financiamento habitacional. Como resultado, foi desenvolvido um modelo conceitual composto por indicadores de desempenho logístico, matriz de riscos e protocolos de rastreabilidade. A principal contribuição do estudo consiste na proposição de um instrumento de governança capaz de ampliar a transparência técnica dos processos construtivos e fortalecer a confiabilidade do sistema LSF para fins de financiabilidade.
Palavras-chave: Light steel framing. Industrialização da construção. Governança Logística. Financiamento habitacional. Construção off-site.

Abstract
The expansion of industrialized construction systems in Social Housing projects depends on the ability to ensure predictability, traceability, and process control throughout the production chain. In the case of Light Steel Framing (LSF), barriers to project financeability remain due to the perceived risks associated with manufacturing, transportation, hoisting, and assembly operations. In this context, this study aims to propose an auditable logistics governance framework for LSF-based developments, seeking to reduce information asymmetry between construction companies and financial institutions. The research is characterized as an applied Design Science Research study, supported by a literature review and documentary analysis of technical standards, institutional guidelines, and scientific publications related to industrialized construction, logistics, and housing finance. As a result, a conceptual model was developed comprising logistics performance indicators, a risk matrix, and traceability protocols. The main contribution of the study is the proposition of a governance instrument capable of increasing technical transparency throughout the construction process and strengthening the reliability of LSF systems for financeability purposes.
Keywords: Light Steel Framing. Industrialized Construction. Logistics Governance. Housing Finance. Off-site Construction.

Como citar:
FAGUNDES, J.B. Modelagem logística em Light Steel Framing para ampliação da financiabilidade de habitações de interesse social. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. Anais 2026. Goiânia: ANTAC, 2026.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8674

INTRODUÇÃO

A industrialização da construção civil tem sido apontada como uma das principais estratégias para aumentar a produtividade, reduzir desperdícios e ampliar a capacidade de atendimento ao déficit habitacional brasileiro. Nesse contexto, o sistema LSF destaca-se por combinar processos produtivos industrializados, construção a seco, elevado controle de qualidade e potencial para integração com metodologias digitais de gestão. Apesar dos avanços normativos promovidos pela publicação da ABNT NBR 16970 [1][2][3] e da crescente difusão do sistema no mercado nacional, a utilização do LSF em empreendimentos financiados ainda encontra restrições relacionadas à percepção de risco técnico por parte dos agentes financiadores.

Embora a literatura reconheça os benefícios da industrialização e da construção modular, ainda são escassos os mecanismos capazes de tornar auditáveis as operações logísticas que conectam fábrica e canteiro. A ausência de protocolos padronizados de controle e rastreabilidade dificulta a avaliação dos riscos associados aos empreendimentos industrializados, limitando sua financiabilidade. Frente a essas limitações, a pesquisa propõe um framework de governança logística aplicado ao sistema LSF, estruturado para organizar informações provenientes das etapas de fabricação, transporte, içamento e montagem. A proposta busca transformar dados operacionais em evidências verificáveis, capazes de apoiar a gestão dos riscos associados à produção industrializada e fornecer maior transparência aos agentes envolvidos no processo de financiamento habitacional.

OBJETIVO

O presente estudo tem como objetivo propor um framework de governança logística auditável para empreendimentos habitacionais executados em LSF, estruturando de forma integrada as etapas de fabricação, transporte, içamento e montagem dos componentes industrializados. O modelo foi concebido para organizar mecanismos de rastreabilidade, controle operacional e monitoramento de desempenho, permitindo maior visibilidade das atividades executadas ao longo da cadeia logística. Dessa forma, busca-se apoiar a gestão dos processos críticos do LSF e disponibilizar informações mais consistentes para análise técnica dos empreendimentos.

Para atingir esse objetivo, foram identificados os principais pontos críticos da cadeia logística do LSF, definidos indicadores de desempenho, estruturada uma matriz de riscos e consolidados protocolos documentais voltados à auditoria das etapas produtivas.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

A industrialização da construção civil tem sido reconhecida como uma das principais estratégias para aumentar a produtividade, reduzir desperdícios e elevar os níveis de qualidade e previsibilidade dos empreendimentos. Diferentemente dos modelos tradicionais de produção, caracterizados pela elevada variabilidade dos processos

executivos, a industrialização busca transferir atividades para ambientes controlados de fabricação, promovendo maior padronização, repetibilidade e controle dos recursos empregados. Segundo Koskela (2000) [9], a construção deve ser compreendida como um sistema integrado de produção, no qual a eficiência está diretamente associada à redução de perdas, à melhoria dos fluxos e à geração contínua de valor.

Nas últimas décadas, o avanço das tecnologias digitais, da modelagem da informação da construção (BIM) e dos conceitos de manufatura avançada ampliou as possibilidades de industrialização do ambiente construído. Estudos recentes indicam que a integração entre projeto, fabricação e montagem constitui um dos principais fatores para o sucesso dos sistemas industrializados, permitindo ganhos significativos de produtividade, redução de retrabalho e maior confiabilidade na execução das obras (LESSING; BREGE, 2021; LAWSON; OGDEN; GOODIER, 2014). Nesse contexto, a construção industrializada passa a ser entendida não apenas como uma alternativa tecnológica, mas como um modelo de gestão baseado em processos controlados e orientados por dados.

A evolução da industrialização da construção pode ser compreendida como um processo progressivo de integração entre padronização produtiva, digitalização e gestão da cadeia de suprimentos. Nesse contexto, os sistemas construtivos off-site representam um estágio avançado de industrialização, caracterizado pela transferência de atividades para ambientes fabris controlados e pela crescente dependência de mecanismos de rastreabilidade e governança logística. A Figura 1 sintetiza a evolução conceitual identificada na literatura e evidencia a relação entre industrialização, construção off-site, LSF e financiabilidade dos empreendimentos.

Figura 1: Evolução conceitual da industrialização da construção e sua relação com a financiabilidade de empreendimentos em LSF.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A industrialização da construção ultrapassa a simples adoção de componentes pré-fabricados, abrangendo a integração entre planejamento, fabricação, logística e montagem. Nesse contexto, a logística assume papel estratégico na coordenação dos fluxos produtivos e na redução das incertezas associadas à execução dos empreendimentos industrializados.

LIGHT STEEL FRAMING E CONSTRUÇÃO OFF-SITE

Entre os sistemas construtivos industrializados, o LSF destaca-se por utilizar perfis leves de aço galvanizado conformados a frio como elementos estruturais principais, associados a componentes industrializados de fechamento e acabamento. O sistema apresenta características compatíveis com os princípios da construção off-site, permitindo a fabricação parcial ou integral dos componentes em ambiente fabril antes de sua instalação definitiva na obra.

A publicação da ABNT NBR 16970 [1][2][3] representou um marco importante para a consolidação técnica do LSF no Brasil. A normatização reduziu parte das incertezas relacionadas ao comportamento estrutural e ao desempenho do sistema, fortalecendo sua aceitação junto ao mercado e aos agentes institucionais. Entretanto, apesar da evolução normativa, permanecem desafios relacionados à avaliação dos riscos associados aos processos de fabricação, transporte e montagem dos componentes industrializados.

Além da normatização nacional, o desenvolvimento técnico do sistema LSF tem sido fortemente influenciado por referências internacionais consolidadas. Nesse contexto, a norma AISI S240 estabelece requisitos para projeto, fabricação e montagem de sistemas estruturais em perfis leves de aço conformados a frio, constituindo uma das principais bases normativas utilizadas na industrialização da construção em diversos países [4].

Segundo Lawson, Ogden e Goodier (2014) [10], a principal característica dos sistemas off-site consiste na transferência de atividades tradicionalmente executadas no canteiro para ambientes industriais controlados. Essa mudança altera a natureza dos riscos do empreendimento, deslocando o foco do controle executivo para a gestão da cadeia logística. Goodier e Gibb (2007) [8] destacam que o sucesso da construção modular depende da integração eficiente entre fábrica, transporte e montagem.

LOGÍSTICA E GOVERNANÇA NA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA

A logística exerce papel estratégico nos sistemas construtivos industrializados, sendo responsável pela coordenação dos fluxos físicos e informacionais que conectam os ambientes de fabricação e montagem. Diferentemente da construção convencional, em que os materiais são transportados de forma fragmentada para o canteiro, a construção off-site depende de operações altamente sincronizadas, exigindo elevado nível de planejamento e controle.

Christopher (2022) [7] define a logística como o processo de gerenciamento estratégico dos fluxos de materiais, informações e recursos ao longo da cadeia de suprimentos. No contexto da construção industrializada, essa definição assume relevância ainda maior, uma vez que a previsibilidade das operações influencia diretamente os custos, os prazos e a qualidade dos empreendimentos.

Sob a perspectiva da gestão da cadeia de suprimentos, Ballou [5] destaca que a eficiência logística depende da coordenação integrada entre transporte, armazenagem, fluxo de informações e planejamento operacional. Na construção industrializada, esses elementos tornam-se ainda mais relevantes devido à necessidade de sincronização entre os ambientes de fabricação e montagem.

Estudos recentes demonstram que tecnologias digitais, como BIM, Digital Twin e plataformas integradas de gestão logística, contribuem para ampliar a visibilidade da cadeia de suprimentos, a rastreabilidade dos componentes e a integração entre fabricação, transporte e montagem [11][14]. De forma complementar, a coordenação entre os agentes da cadeia de suprimentos constitui fator determinante para o desempenho da construção off-site, reduzindo incertezas e fortalecendo a confiabilidade operacional dos empreendimentos industrializados [20].

FINANCIABILIDADE, GESTÃO DE RISCOS E HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL

A ampliação do acesso ao crédito habitacional constitui um dos principais desafios para a disseminação de tecnologias construtivas inovadoras e industrializadas. Instituições financeiras operam com base em critérios de previsibilidade, controle e mitigação de riscos, exigindo evidências capazes de demonstrar a viabilidade técnica e econômica dos empreendimentos financiados.

No caso das HIS, a necessidade de produção em larga escala torna a industrialização uma alternativa particularmente relevante. Entretanto, a adoção de sistemas como o LSF ainda enfrenta barreiras associadas à percepção de risco técnico e à limitada disponibilidade de mecanismos formais de monitoramento das etapas executadas fora do ambiente de obra. Segundo o World Bank (2023) [18], a redução da assimetria de informações entre empreendedores e agentes financiadores constitui um dos fatores mais relevantes para o fortalecimento dos sistemas de financiamento habitacional.

Nesse cenário, a gestão de riscos passa a desempenhar papel fundamental na estruturação dos empreendimentos industrializados. Conforme o PMBOK (PMI, 2021) [17], o gerenciamento de riscos deve ser entendido como um processo contínuo de identificação, análise, monitoramento e controle das incertezas capazes de afetar os objetivos do projeto. Aplicado à construção industrializada, esse conceito permite associar indicadores logísticos, protocolos de rastreabilidade e evidências documentais a mecanismos formais de mitigação de riscos.

A integração entre os agentes da cadeia de suprimentos constitui fator determinante para o desempenho dos empreendimentos industrializados, reduzindo ineficiências operacionais e aumentando a confiabilidade dos fluxos logísticos [16][20]. Além disso, estratégias formais de mitigação de riscos são essenciais para ampliar a resiliência das cadeias de suprimentos da construção off-site [15][19].

Apesar dos avanços observados na literatura sobre industrialização da construção, logística e gestão de riscos, ainda são escassas pesquisas que integrem esses elementos em modelos capazes de transformar o desempenho logístico em evidências auditáveis para suporte à análise de risco técnico-financeiro. Nesse contexto, a presente pesquisa propõe um framework de governança logística voltado à ampliação da confiabilidade e da financiabilidade de empreendimentos executados em Light Steel Framing.

METODOLOGIA DE PESQUISA

A pesquisa caracteriza-se como aplicada, de natureza construtiva, fundamentada na abordagem Design Science Research (DSR), tendo como objetivo desenvolver um artefato conceitual capaz de contribuir para a solução de um problema identificado na prática profissional da construção industrializada, sendo assim a estrutura metodológica foi desenvolvida em quatro etapas principais.

Na primeira etapa realizou-se uma revisão bibliográfica narrativa abrangendo temas relacionados à industrialização da construção, sistemas construtivos em LSF, logística off-site, gestão de riscos e financiamento habitacional. Foram consultados artigos científicos indexados, normas técnicas, documentos institucionais e publicações de organismos nacionais e internacionais.

Na segunda etapa foi conduzida uma análise documental das diretrizes técnicas e normativas aplicáveis ao financiamento habitacional, incluindo documentos da Caixa Econômica Federal [6], do Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (SiNAT), do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) e da ABNT NBR 16970 [1][2][3].

Na terceira etapa foi desenvolvido um framework conceitual de governança logística, estruturado a partir da identificação dos pontos críticos associados às etapas de fabricação, transporte, içamento e montagem de painéis industrializados em LSF.

Na quarta etapa foi realizada a validação teórica do framework mediante confronto entre os requisitos identificados na literatura e os mecanismos de controle propostos pelo modelo, avaliando sua aderência às exigências de rastreabilidade, previsibilidade e auditabilidade requeridas pelos agentes financiadores.

O artefato resultante consiste em um modelo conceitual composto por indicadores de desempenho logístico (KPIs), matriz de riscos e protocolos documentais destinados ao monitoramento e controle das operações associadas ao sistema construtivo em LSF.

Com o objetivo de sistematizar as etapas de desenvolvimento da pesquisa e evidenciar a lógica de construção do artefato proposto, a Figura 2 apresenta o fluxograma metodológico adotado, estruturado segundo os princípios da DSR. O processo compreende desde a identificação do problema de pesquisa até a proposição e validação teórica do framework de governança logística auditável.

Figura 2 – Fluxograma metodológico da pesquisa baseado em Design Science Research (DSR).



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

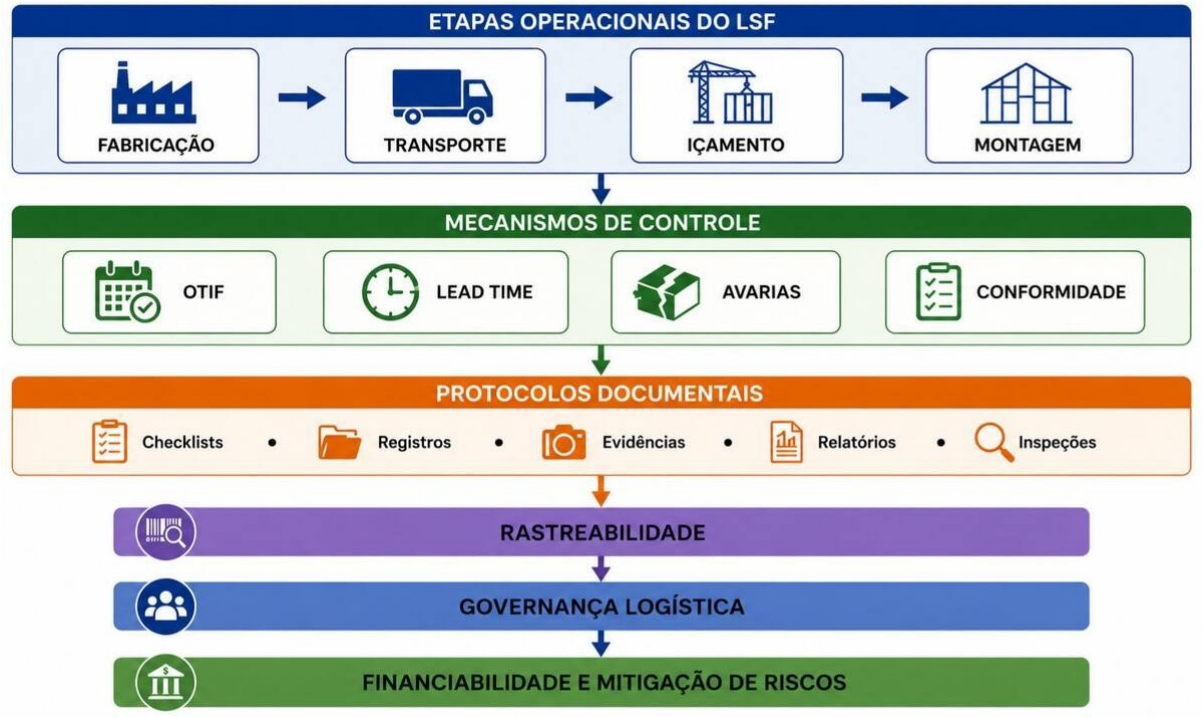
Conforme ilustrado na Figura 2, a pesquisa foi desenvolvida de forma sequencial, abrangendo revisão bibliográfica, análise documental, desenvolvimento do framework e validação teórica, resultando na consolidação do artefato de governança logística auditável proposto.

RESULTADOS ESPERADOS E DISCUSSÃO

A estrutura proposta permite consolidar informações operacionais dispersas em um sistema integrado de monitoramento, favorecendo o acompanhamento das atividades logísticas associadas ao sistema LSF. A articulação entre indicadores de desempenho, protocolos documentais e mecanismos de rastreabilidade possibilita identificar desvios operacionais, registrar evidências de conformidade e ampliar a capacidade de controle das etapas executadas fora do ambiente tradicional de obra.

A partir da revisão bibliográfica e da análise documental, observou-se que grande parte dos riscos associados à financiabilidade dos empreendimentos industrializados está relacionada à limitada visibilidade dos processos logísticos. Nesse sentido, o framework apresentado na Figura 3 foi estruturado para conectar atividades operacionais, mecanismos de controle e documentação comprobatória, permitindo uma avaliação mais objetiva do desempenho do empreendimento.

Figura 3 – Framework de Governança Logística Auditável para empreendimentos em LSF.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A lógica do framework baseia-se na associação entre cada etapa operacional e um conjunto específico de evidências documentais e indicadores de desempenho. Essa estrutura favorece o acompanhamento sistemático das operações e permite que

eventos relacionados a atrasos, avarias ou não conformidades sejam registrados e analisados de forma rastreável ao longo do processo produtivo.

A relevância do monitoramento logístico também é evidenciada por estudos que demonstram a influência dos custos de movimentação e transporte sobre o desempenho global de sistemas pré-fabricados. Lee et al. [12] observaram que o planejamento adequado das operações logísticas pode reduzir custos, minimizar interferências operacionais e aumentar a eficiência da montagem em empreendimentos industrializados.

O framework apresenta potencial aplicação em programas habitacionais de interesse social, contribuindo para a padronização dos processos de controle e para o fortalecimento da integração entre os agentes envolvidos na produção de empreendimentos industrializados. Sua principal contribuição consiste na proposição de um modelo conceitual capaz de transformar informações operacionais em evidências auditáveis para suporte à tomada de decisão, ampliando as condições para que sistemas construtivos industrializados sejam avaliados sob critérios objetivos em processos de financiamento habitacional.

Com o objetivo de operacionalizar o framework de governança logística proposto, foram definidos KPIs capazes de monitorar a eficiência, a confiabilidade e a conformidade das operações associadas ao sistema construtivo em LSF. O Quadro 1 apresenta os indicadores considerados essenciais para o acompanhamento das etapas logísticas e para a geração de evidências auditáveis de desempenho.

Quadro 1 – Indicadores-chave de desempenho (KPIs) propostos para monitoramento logístico em empreendimentos LSF.

Indicador	Objetivo	Unidade
OTIF (On Time In Full)	Avaliar a confiabilidade das entregas realizadas no prazo e conforme especificação	%
Lead Time	Medir o tempo total do fluxo logístico entre fabricação e montagem	dias
Avarias	Monitorar a integridade física dos painéis durante transporte e movimentação	%
Conformidade	Verificar o atendimento aos requisitos técnicos, documentais e operacionais	%

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Christopher (2022) [7], Lee e Lee (2021) [11], Li et al. (2024) [14] e Pan, Shen e Yang (2023) [16].

A seleção dos indicadores buscou representar aspectos diretamente relacionados ao desempenho logístico do sistema LSF. Enquanto o OTIF e o Lead Time permitem avaliar a eficiência dos fluxos operacionais, os indicadores de Avarias e Conformidade fornecem subsídios para o acompanhamento da qualidade das operações e do atendimento aos requisitos técnicos estabelecidos para o empreendimento.

Complementarmente aos indicadores de desempenho, a identificação dos principais riscos associados às etapas logísticas do sistema LSF constitui elemento fundamental para a estruturação de mecanismos de governança e controle. O Quadro 2 apresenta os riscos considerados mais relevantes para cada etapa da cadeia logística, bem como seus potenciais impactos sobre a execução do empreendimento.

Quadro 2 – Matriz de riscos logísticos

Etapa	Risco	Impacto
Fabricação	Não conformidade dos componentes produzidos	Alto
Transporte	Avarias durante movimentação e transporte	Alto
Içamento	Danos estruturais decorrentes do manuseio inadequado	Médio
Montagem	Retrabalho por falhas de instalação ou incompatibilidades	Médio

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Tennakoon et al. (2025) [15], Yang, Pan e Shen (2023) [19] e Project Management Institute (2021) [17].

Observa-se que os riscos identificados se concentram principalmente nas interfaces entre as etapas produtivas e logísticas, reforçando a necessidade de mecanismos de monitoramento contínuo e rastreabilidade documental. A utilização conjunta dos indicadores apresentados no Quadro 1 e da matriz de riscos apresentada no Quadro 2 permite associar eventos de risco a evidências objetivas de desempenho, contribuindo para o fortalecimento da governança logística e para a redução das incertezas percebidas pelos agentes financiadores. Dessa forma, o framework proposto amplia a capacidade de controle dos processos e favorece a construção de ambientes mais seguros para a financiabilidade de empreendimentos executados em LSF.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A crescente adoção de sistemas construtivos industrializados exige o desenvolvimento de mecanismos capazes de ampliar a previsibilidade, a transparência e a confiabilidade dos processos executados fora do ambiente tradicional de obra. No caso LSF, embora os avanços normativos tenham contribuído para sua consolidação técnica no cenário nacional, ainda persistem desafios relacionados à percepção de risco associada às etapas de fabricação, transporte, içamento e montagem, especialmente quando consideradas as exigências dos agentes responsáveis pela concessão de crédito habitacional.

Diante desse contexto, o presente estudo teve como objetivo propor um framework de governança logística auditável para empreendimentos executados em LSF, estruturado a partir de indicadores de desempenho, mecanismos de rastreabilidade e protocolos documentais de controle. A análise da literatura e dos documentos normativos permitiu identificar que a principal lacuna para a ampliação da financiabilidade de sistemas industrializados não está necessariamente relacionada ao desempenho estrutural da tecnologia, mas à limitada capacidade de monitoramento e comprovação das operações realizadas ao longo da cadeia logística.

Como principal resultado, foi desenvolvido um modelo conceitual que integra etapas logísticas, indicadores de desempenho e evidências documentais em uma estrutura de governança auditável. A proposta contribui para ampliar a confiabilidade das informações disponibilizadas aos agentes financiadores, reforçando a importância da logística como elemento estratégico para a industrialização da construção e para a padronização dos processos de controle em empreendimentos executados em Light Steel Framing.

Como limitação, destaca-se que o modelo proposto foi desenvolvido a partir de revisão bibliográfica e análise documental, não contemplando validação empírica em empreendimentos reais. Dessa forma, recomenda-se que pesquisas futuras realizem estudos de caso, aplicações em ambientes produtivos e análises comparativas entre diferentes sistemas construtivos industrializados, de modo a verificar a efetividade dos indicadores propostos e mensurar seus impactos sobre a gestão de riscos e os processos de financiamento habitacional.

Os resultados obtidos indicam que a formalização de práticas de governança logística pode representar um avanço relevante para a gestão de empreendimentos industrializados em LSF. A utilização integrada de indicadores, registros operacionais e protocolos de rastreabilidade favorece a produção de informações mais consistentes sobre o desempenho do sistema construtivo, contribuindo para reduzir incertezas e ampliar a confiança dos agentes envolvidos na análise técnica e financeira dos empreendimentos.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece ao Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal de Goiás (PPGGECON/UFG) pelo apoio acadêmico ao desenvolvimento desta pesquisa.

DECLARAÇÃO

O autor declara que não utilizou IA generativa nem tecnologias assistidas por IA no processo de preparação do manuscrito.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16970-1: sistemas construtivos em perfis leves de aço conformados a frio para edificações residenciais – Parte 1: requisitos gerais**. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

[2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16970-2: sistemas construtivos em perfis leves de aço conformados a frio para edificações residenciais – Parte 2: subsistemas estruturais**. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

[3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16970-3: sistemas construtivos em perfis leves de aço conformados a frio para edificações residenciais – Parte 3: desempenho e execução**. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

[4] AMERICAN IRON AND STEEL INSTITUTE. **AISI S240: North American standard for cold-formed steel structural framing**. Washington, DC: AISI, 2020.

[5] BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

[6] CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Construção individual: orientações técnicas para financiamento habitacional**. Brasília, DF: CAIXA, 2024.

[7] CHRISTOPHER, Martin. **Logistics and supply chain management**. 6. ed. Harlow: Pearson, 2022.

[8] GOODIER, Christopher I.; GIBB, Alistair G. F. **Future opportunities for offsite in the UK**. Construction Management and Economics, Abingdon, v. 25, n. 6, p. 585–595, 2007. DOI: https://doi.org/10.1080/01446190601071821.

[9] KOSKELA, Lauri. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. Espoo: VTT Technical Research Centre of Finland, 2000.

[10] LAWSON, R. Mark; OGDEN, Ray G.; GOODIER, Christopher. **Design in modular construction**. Boca Raton: CRC Press, 2014.

[11] LEE, D.; LEE, S. **Digital twin for supply chain coordination in modular construction**. Applied Sciences, Basel, v. 11, n. 13, p. 5909, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/app11135909.

[12] LEE, Yujin; KIM, Jung In; FLAGER, Forest; FISCHER, Martin. **Methodology to estimate logistics costs for vertically transported prefabricated wall panels**. Journal of Computational Design and Engineering, Oxford, v. 9, n. 4, p. 1348–1368, 2022. DOI: https://doi.org/10.1093/jcde/qwac055.

[13] LESSING, Jerker; BREGE, Staffan. **Industrialized house-building development and innovation in construction supply chains**. Construction Innovation, Bingley, v. 21, n. 4, p. 692–710, 2021.

[14] LI, C. Z.; SHEN, G. Q.; XUE, F.; PAN, W. **Offsite construction supply chain challenges and integration strategies**. Journal of Construction Engineering and Management, Reston, v. 150, n. 2, 2024. DOI: https://doi.org/10.1061/JCEMD4.COENG-14444.

[15] NESARNOBARI, Sanaz; SHAHZAD, Wajiha Mohsin; JELODAR, Mostafa Babaeian; SUTRISNA, Monty. **Offsite construction supply chain management: a scientometric analysis and systematic literature review**. Architectural Engineering and Design Management, v. 21, n. 3, p. 467–490, 2025. DOI: https://doi.org/10.1080/17452007.2024.2381497.

[16] PAN, W.; SHEN, G. Q.; YANG, Y. **Supply chain integration in offsite construction: drivers, barriers and performance implications**. Journal of Construction Engineering and Management, Reston, v. 149, n. 10, 2023.

[17] PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **A guide to the project management** body of knowledge (PMBOK Guide). 7. ed. Newtown Square: PMI, 2021.

[18] WORLD BANK. **Housing finance systems and affordable housing development**. Washington, DC: World Bank, 2023.

[19] YANG, Y.; PAN, W.; SHEN, G. Q. **Risk mitigation strategies in offsite construction supply chains: a systematic review**. Sustainability, Basel, v. 15, n. 21, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/su152115832.

[20] ZHANG, Bochen; PRADO, Guillermo; RISCHMOLLER, Leonardo; FISCHER, Martin. **Towards a supply chain integration theory in offsite construction: insights from industry practices**. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 33., 2025, Osaka e Kyoto. Proceedings [...]. Osaka: IGLC, 2025. p. 645–656. DOI: https://doi.org/10.24928/2025/0214.