

O PAPEL DA DIGITALIZAÇÃO EM PROJETOS PÚBLICOS COMO VETOR DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL: ESTRUTURANDO REDES COLABORATIVAS BIM

THE ROLE OF DIGITALIZATION IN PUBLIC PROJECTS AS A VECTOR FOR REGIONAL DEVELOPMENT: STRUCTURING COLLABORATIVE BIM NETWORKS

EL PAPEL DE LA DIGITALIZACIÓN EN LOS PROYECTOS PÚBLICOS COMO VECTOR DEL DESARROLLO REGIONAL: ESTRUCTURACIÓN DE REDES COLABORATIVAS BIM

Isabela Volski¹
Sergio Scheer²

RESUMO

Este artigo analisa como diferentes arranjos institucionais estruturam a formação de redes colaborativas apoiadas por BIM no contexto de projetos públicos de construção civil. A pesquisa parte do reconhecimento de que projetos públicos desenvolvidos nesse contexto demandam coordenação interorganizacional, enquanto permanece uma lacuna quanto à estruturação das relações entre os diferentes atores envolvidos sob a perspectiva da governança colaborativa. Com base nos achados de estudos de casos múltiplos, foram analisadas as formas de articulação entre organizações, competências BIM e mecanismos de rede presentes nesses projetos. Os resultados evidenciam que a governança colaborativa aplicada às competências tecnológicas, processuais e políticas auxilia na consolidação das redes BIM em projetos públicos. A partir desses achados, estruturou-se um diagrama de processos que integra competências BIM e mecanismos de rede estruturados segundo princípios de governança colaborativa. O diagrama constitui um mapa teórico para analisar como diferentes organizações se articulam na formação de redes colaborativas BIM em projetos públicos de construção civil.

Palavras-chave: redes colaborativas; Modelagem da Informação na Construção (BIM); governança.

ABSTRACT

This article analyzes how different institutional arrangements structure the formation of BIM-enabled collaborative networks in the context of public civil construction projects. The research is based on the recognition that public projects developed in this context require

¹Doutoranda no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil na Universidade Federal do Paraná – UFPR. Discente. Curitiba. Paraná. Brasil. E-mail: isabela.volski@ufpr.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8573-561X>

²Doutor em Informática pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, PUC-Rio, Brasil. Pesquisador Líder e Professor Sênior no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil na Universidade Federal do Paraná – UFPR. Curitiba. Paraná. Brasil. E-mail: scheer@ufpr.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3995-9780>

interorganizational coordination, while a gap remains regarding the structuring of relationships among the different actors involved from the perspective of collaborative governance. Based on findings from multiple case studies, the forms of articulation among organizations, BIM competencies, and network mechanisms present in these projects were analyzed. The results show that collaborative governance applied to technological, process-related, and policy competencies contributes to the consolidation of BIM networks in public projects. Based on these findings, a process diagram was developed that integrates BIM competencies and network mechanisms structured according to collaborative governance principles. The diagram provides a theoretical map for analyzing how different organizations interact in the formation of BIM collaborative networks in public civil construction projects.

Keywords: collaborative networks; Building Information Modeling (BIM); governance.

RESUMEN

Este artículo analiza cómo diferentes arreglos institucionales estructuran la formación de redes colaborativas apoyadas por BIM en el contexto de proyectos públicos de construcción civil. La investigación parte del reconocimiento de que los proyectos públicos desarrollados en este contexto requieren coordinación interorganizacional, mientras persiste una brecha en cuanto a la estructuración de las relaciones entre los diferentes actores involucrados desde la perspectiva de la gobernanza colaborativa. A partir de los hallazgos de estudios de casos múltiples, se analizaron las formas de articulación entre organizaciones, las competencias BIM y los mecanismos de red presentes en estos proyectos. Los resultados evidencian que la gobernanza colaborativa aplicada a las competencias tecnológicas, procesales y políticas contribuye a la consolidación de las redes BIM en proyectos públicos. A partir de estos hallazgos, se estructuró un diagrama de procesos que integra competencias BIM y mecanismos de red estructurados según los principios de la gobernanza colaborativa. El diagrama constituye un mapa teórico para analizar cómo diferentes organizaciones se articulan en la formación de redes colaborativas BIM en proyectos públicos de construcción civil.

Palabras clave: redes colaborativas; Modelado de Información de Construcción (BIM); gobernanza.

Como citar este artigo: VOLSKI, Isabela; SCHEER, Sergio. O papel da digitalização em projetos públicos como vetor do desenvolvimento regional: estruturando redes colaborativas BIM. **DRd – Desenvolvimento Regional em debate**, v. 16, p. 779-803, 28 out. 2026. Doi: <https://doi.org/10.24302/drd.v16.6106>.

Artigo recebido em: 06/10/2025; **Artigo aprovado em:** 03/10/2026; **Artigo publicado em:** 28/10/2026

1 INTRODUÇÃO

A transformação digital na indústria da construção civil tem impulsionado a consolidação do BIM, promovendo a integração entre envolvidos, processos e tecnologias. A adoção do BIM não se limita a ferramentas tecnológicas, exigindo estruturas colaborativas e mecanismos de governança capazes de coordenar múltiplos agentes em redes interorganizacionais dinâmicas e frequentemente fragmentadas (Grilo *et al.*, 2013; Mignone *et al.*, 2016).

Diversos trabalhos demonstram como a colaboração interorganizacional com usos BIM se estrutura formal e informalmente. Papadonikolaki, Vrijhoef e Wamelink (2016) identificam interdependências entre BIM e parcerias na cadeia de suprimentos, enquanto Li *et al.* (2021) revelam como relações informais complementam arranjos contratuais tradicionais. Aibinu e Papadonikolaki (2020) avançam ao operacionalizar interdependências de tarefas. Estudos empíricos em diferentes contextos regionais, como Etiópia (Belay; Goedert, 2021) e Vietnã (Tam *et al.*, 2021), mostram que fatores institucionais e culturais impactam diretamente a maturidade colaborativa em BIM.

Apesar dos avanços científicos e práticos, existe uma lacuna quanto à compreensão de como as relações entre os diferentes atores se estruturam em redes colaborativas apoiadas por BIM, especialmente sob a perspectiva da governança colaborativa e em contextos regionais. Trabalhos como os de Succar, Sher e Williams (2012) oferecem métricas para medir desempenho em BIM, mas não conectam esses indicadores a modelos formais de governança. Analogamente, frameworks conceituais de gestão colaborativa (Lin; Yang, 2018; Ma; Ma, 2017; Petri *et al.*, 2018) oferecem fundamentos para a compreensão dessas relações, mas sua articulação com mecanismos capazes de representar e analisar empiricamente as redes formadas em projetos BIM ainda demanda aprofundamento.

Essa lacuna torna-se particularmente significativa em projetos públicos de construção civil, nos quais diferentes organizações, competências e responsabilidades precisam ser articuladas para viabilizar processos colaborativos apoiados por BIM. Compreender como essas relações se estabelecem e quais mecanismos contribuem para sua coordenação pode fornecer subsídios tanto para o avanço teórico da discussão sobre redes BIM quanto para a gestão dessas redes na prática.

Diante desse cenário, estabelece-se a seguinte questão de pesquisa: Como desenvolver um modelo capaz de apoiar a estruturação de redes colaborativas formadas em projetos públicos de construção civil que utilizam BIM, considerando diferentes contextos institucionais e regionais?

Nesse contexto, esse estudo tem como objetivo, a partir da análise de como diferentes arranjos institucionais estruturam a formação de redes colaborativas apoiadas por BIM em projetos públicos de construção civil (achados de estudos de casos múltiplos), desenvolver um diagrama de processos que integre competências BIM e mecanismos de rede segundo princípios de governança colaborativa. O modelo é operacionalizado por meio de representações de rede, incluindo matriz de diagnóstico e análise de redes sociais (SNA), permitindo evidenciar competências BIM colaborativas e as relações estabelecidas entre os atores.

A contribuição do estudo reside, no campo teórico, na articulação entre redes colaborativas BIM e princípios de governança colaborativa em um modelo de análise e, no campo prático, na disponibilização de instrumentos de diagnóstico capazes de apoiar gestores públicos e privados na compreensão e coordenação das relações interorganizacionais estabelecidas em projetos BIM.

Além desta introdução, o artigo está estruturado em quatro seções. A primeira apresenta o referencial teórico que fundamenta a discussão sobre redes colaborativas BIM e governança. Na sequência, são descritos os procedimentos metodológicos adotados, incluindo os estudos de casos múltiplos e os instrumentos utilizados para análise das redes. A terceira seção apresenta

e discute os resultados da pesquisa, contemplando a análise dos casos e a estruturação do diagrama de processos proposto. Por fim, as considerações finais sintetizam os principais achados e contribuições do estudo, bem como suas limitações e possibilidades para pesquisas futuras.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 REDES DE EMPRESAS NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

A indústria da construção necessita de múltiplos atores para a materialização de seus projetos, podendo ser criadas redes de empresas em função deles. Embora o conceito de rede seja amplamente utilizado, a literatura apresenta diferentes definições. Huovinen (2019) caracteriza redes como interações entre três ou mais empresas em bases iguais, legais, gerenciais e organizacionais. Burov, Khokhlova e Kretova (2021) as descrevem como grupos de entidades econômicas independentes que estabelecem relações contratuais para viabilizar coordenação e adaptabilidade. Hamalainen e Salmi (2022) as definem como relações interorganizacionais que se estendem além de projetos individuais, com inserção transversal em múltiplos setores. Essas definições, embora distintas, convergem ao reconhecer que as redes resultam da articulação entre organizações autônomas em busca de objetivos compartilhados.

Os estudos sobre redes de empresas na construção apresentam diferentes abordagens conceituais e contextos locais. Håkansson e Ingemansson (2013) analisaram na Suécia, as interfaces interorganizacionais por meio da abordagem de redes, evidenciando relações entre empreiteiros, subempreiteiros, fornecedores e clientes no setor de construção, estruturadas em projetos e contratos temporários. Nos países nórdicos, Pulkka *et al.* (2016) investigam Finlândia e Suécia, empregando o conceito de ecossistema para enfatizar a criação de valor coletivo na indústria da construção. Já no Reino Unido, Rowe *et al.* (2002) exploram novas formas de gestão em projetos públicos, especialmente hospitais e escolas, descrevendo veículos de propósito específico e organizações em rede como estruturas virtuais. Na Finlândia, Hamalainen e Salmi (2022) analisam a construção em madeira laminada cruzada, definindo redes como relações interorganizacionais que se estendem além de projetos individuais, com inserção intersetorial e parcerias horizontais. Pryke, Badi e Bygballe (2017), em pesquisas realizadas em Hong Kong e nos Países Baixos, aplicam a teoria das redes sociais para compreender conexões entre atores em projetos diversos, incluindo parcerias público-privadas e equipes de recuperação de desastres.

Em outro contexto, na Rússia, Burov, Khokhlova e Kretova (2021) definem redes como entidades econômicas independentes envolvidas em relações contratuais de bens e serviços, destacando sua relevância para o desenvolvimento de pequenas empresas do setor. Por sua vez, Keller *et al.* (2006), atuando no setor de arquitetura, engenharia, construção (AEC), apresentam um framework conceitual para redes colaborativas, dinâmicas e flexíveis. No Brasil e no Reino Unido, Shimizu e Cardoso (2002) estudam a subcontratação e descrevem redes de cooperação como alianças estratégicas entre agentes da cadeia de suprimentos na construção civil.

2.2 GOVERNANÇA COLABORATIVA EM REDES DE EMPRESAS

Para entendimento dos tipos de redes de empresas de construção cabe o entendimento dos modelos de governança adotados. Eles não se limitam a um único modelo, mas abarcam formas híbridas, cooperativas, centralizadas, participativas e adaptativas, que podem se complementar a depender do contexto e dos objetivos do projeto. A governança em redes é dinâmica e dependente do contexto. Pesquisas como as de Enjolras, Hansen e Winsvold (2024) e Belrhiti *et al.* (2024) demonstram a coexistência de elementos hierárquicos e horizontais, assim como o equilíbrio entre mecanismos top-down e bottom-up. No setor da construção, essa adaptabilidade deve ser levada em consideração, uma vez que os projetos variam em escala, complexidade e arranjos contratuais, exigindo diferentes graus de formalização, liderança e participação.

Os modelos híbridos de governança, discutidos por Ansell e Gash (2007) e Lowndes e Skelcher (1998) combinam elementos colaborativos, consensuais e adaptativos, permitindo o equilíbrio entre interesses divergentes e a flexibilidade necessária ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos. Outra perspectiva é a governança cooperativa, enfatizada por Muyters, Broucker e De Witte (2021) e Larson (1992), que valoriza a confiança, a reciprocidade e a integração eficiente entre stakeholders. O conceito pode ser estruturado por quatro quadrantes que representam etapas interdependentes da governança colaborativa. Os condicionantes iniciais tratam o contexto institucional e os desafios que demandam cooperação; o design institucional define regras, papéis e arranjos formais de coordenação; a dinâmica colaborativa sustenta-se na confiança, liderança integradora e mecanismos de deliberação; e os resultados e impactos permitem avaliar tanto produtos concretos quanto transformações institucionais e sociais. Tal organização alinha-se à perspectiva de que nenhum setor isolado possui os recursos, autoridade ou conhecimento necessários para enfrentar problemas públicos complexos (Bryson; Crosby; Stone, 2006, 2015).

Por outro lado, a governança centralizada, analisada por Yanakiev (2020) em redes de cibersegurança, encontra paralelo em consórcios ou empreendimentos liderados por grandes construtoras, que atuam como hubs centrais de coordenação. Esse arranjo se mostra particularmente útil em projetos de grande porte, nos quais a centralização decisória favorece a gestão de riscos, a definição de padrões técnicos e a alocação de responsabilidades. Embora menos flexível, a centralização pode garantir maior eficiência e controle em contextos de elevada complexidade técnica e institucional.

Estudos como os de Van Den Oord *et al.* (2023) e Bodin (2017) ressaltam a governança baseada em participação ampla, que envolve atores diversos, incluindo organizações públicas, privadas, acadêmicas e comunitárias. Essa abordagem amplia a legitimidade das redes, fomenta inovação e possibilita a inserção dos projetos de construção em ecossistemas mais amplos, integrando objetivos sociais, ambientais e econômicos.

A partir dessas diferentes perspectivas presentes na literatura, algumas características emergem. As redes de empresas na construção reúnem múltiplos atores que se conectam por relações estratégicas. Essas conexões podem ser duradouras ou temporárias, formadas em torno de projetos específicos.

2.3 REDES COLABORATIVAS BIM

A adoção do BIM tem promovido mudanças significativas na forma como os projetos de construção são concebidos, desenvolvidos e gerenciados. Entre as transformações destaca-se a consolidação de redes colaborativas BIM, entendidas como arranjos interorganizacionais que emergem como resposta à complexidade dos empreendimentos de construção, nos quais a fragmentação de disciplinas e a interdependência de tarefas demandam novas formas de coordenação, cooperação e compartilhamento de informação.

O desempenho dessas redes pode ser analisado a partir de métricas objetivas. Succar *et al.* (2012) propuseram conjuntos de competências que embasam a mensuração da maturidade BIM, fornecendo subsídios para avaliar o grau de colaboração entre os participantes. Estudos de caso têm ilustrado a aplicação prática dessas redes. Grilo *et al.* (2013b) analisaram um projeto de edifício corporativo baseado em BIM, destacando como a estruturação de redes colaborativas potencializou a integração entre diferentes agentes. Mignone *et al.* (2016), ao investigar o hospital Royal Adelaide, demonstraram que a superação de barreiras colaborativas pode ser explicada pela teoria da descontinuidade organizacional, revelando a importância de ajustar estruturas e práticas de gestão para acomodar novos modos de cooperação.

A literatura também aponta para a relação entre BIM e cadeias de suprimentos. Papadonikolaki, Vrijhoef e Wamelink (2016) identificaram como o BIM reforça parcerias estratégicas, enquanto Papadonikolaki, Holti e Broadbent (2017) diferenciaram as dimensões formais (contratuais) e informais (sociais) das relações dentro dessas parcerias. Avançando nesse campo, Li *et al.* (2021) mostraram que mesmo em contratos tradicionais, redes colaborativas podem emergir a partir da prática do BIM, permitindo cooperação além dos limites previstos por arranjos jurídicos rígidos.

No campo da análise estrutural, diversas pesquisas empregaram a Análise de Redes Sociais (SNA) e métodos de mineração de dados para compreender as interações. Cao *et al.* (2017) utilizaram modelos estocásticos de atores para explorar a dinâmica temporal das redes, enquanto Badi e Diamantidou (2017) mapearam o setor grego de construção a partir de uma perspectiva de redes sociais. Zhang e Ashuri (2018) propuseram a mineração de *logs* do BIM como forma de identificar redes emergentes, metodologia que foi expandida por Pan, Zhang e Skibniewski (2020), que agruparam projetistas conforme padrões de interação. Mais recentemente, Pan e Zhang (2022) avançaram para a modelagem de redes sociais dinâmicas, revelando padrões comportamentais em processos de design colaborativo. Esses estudos evidenciam que a colaboração no BIM pode ser mensurada e monitorada de forma objetiva, revelando fluxos de informação e interdependências que não seriam visíveis por abordagens tradicionais.

Outro aspecto relevante é a infraestrutura tecnológica que sustenta tais redes. Ma e Ma (2017) identificaram requisitos funcionais para plataformas de colaboração voltadas a projetos em *Integrated Project Delivery* (IPD), enquanto Lin e Yang (2018) propuseram um framework específico para a gestão da colaboração no processo de criação de modelos arquitetônicos. Petri *et al.* (2018), por sua vez, desenvolveram uma plataforma virtual com foco em eficiência energética, reforçando a importância de ambientes digitais integrados para a operacionalização das redes colaborativas.

A comparação de contextos também tem revelado nuances importantes. Tang *et al.* (2019) demonstraram diferenças significativas entre redes colaborativas em projetos públicos e privados, apontando que fatores institucionais e regulatórios moldam a intensidade e a qualidade da colaboração. Aibinu e Papadonikolaki (2020) aprofundaram essa discussão ao analisar interdependências de tarefas por meio da distribuição de esforços, oferecendo um método analítico para avaliar a colaboração em equipes BIM. Mohammed (2020) acrescenta a perspectiva da sustentabilidade, destacando que a maturidade dos modelos BIM está diretamente relacionada à capacidade de gerar edifícios verdes como estratégia organizacional.

Estudos recentes têm ampliado o alcance geográfico e contextual dessas investigações. Tam *et al.* (2021) identificaram fatores determinantes para a adoção do BIM no Vietnã, destacando a relevância das condições locais na formação de redes. De forma semelhante, Belay e Goedert (2021) examinaram o setor público etíope, ressaltando barreiras institucionais e a necessidade de políticas específicas para potencializar a colaboração. Esses trabalhos mostram que, embora os princípios de redes colaborativas sejam universais, sua aplicação é modulada por contextos culturais, econômicos e políticos distintos.

Assim, as redes colaborativas BIM constituem um campo multifacetado que combina aspectos tecnológicos, organizacionais e relacionais. Elas são sustentadas por plataformas digitais e protocolos de gestão, mas também se desenvolvem por meio de interações sociais formais e informais. A literatura evidencia que sua eficácia depende tanto da infraestrutura técnica quanto da capacidade dos atores de construir confiança, compartilhar responsabilidades e alinhar objetivos. Nesse sentido, o estudo das redes colaborativas BIM se apresenta como essencial para compreender e aprimorar a governança em projetos de construção, especialmente em contextos públicos e de grande complexidade.

3 METODOLOGIA

Essa pesquisa adota um enfoque qualitativo e exploratório, adequado para compreender a dinâmica de redes colaborativas BIM em contextos regionais de projetos públicos. O enquadramento metodológico se fundamenta em estudos de caso múltiplos (Yin, 2015), uma vez que o objetivo é investigar fenômenos complexos em seu ambiente real, comparando padrões e identificando recorrências entre diferentes situações. Do ponto de vista epistemológico, a pesquisa se ancora nos pressupostos da *Design Science Research* (Hevner; March; Park, 2004), ao propor o desenvolvimento de um artefato conceitual construído de forma iterativa a partir da análise de evidências empíricas.

Os casos investigados abrangeram redes com escopos distintos da esfera pública e privada, conduzidos por órgãos estaduais e municipais, que se destacam pelo esforço de adoção do BIM como instrumento de coordenação interorganizacional. Realizaram-se entrevistas semiestruturadas (Kvale, 1996) com cada gestor designado pela rede entrevistada, tendo como requisito ter gerenciado empreendimentos públicos com múltiplos atores, tomando como referência as competências BIM propostas por Succar (2012). Para cada uma dessas dimensões, categorias analíticas foram construídas a partir da literatura (Papadonikolaki, Holti e Broadbent, 2017; Li *et al.*, 2021), servindo como guia para o roteiro de entrevistas e para a exploração empírica. Cada entrevistado relatou suas tecnologias, processos e políticas relacionadas a cada categoria. Além das entrevistas, utilizaram-se registros de projetos (citados pelos entrevistados)

e informações coletadas em pesquisas em websites das empresas como fontes secundárias, permitindo a triangulação de dados (Flick, 2009) e assegurando maior confiabilidade às evidências coletadas.

O recorte temporal da pesquisa foi conduzido no primeiro semestre de 2025 e teve como foco projetos públicos localizados no estado do Paraná, Brasil. A escolha desse recorte geográfico se justifica pela relevância do Paraná como polo emergente de inovação relacionado ao uso do BIM em projetos públicos, impulsionado por políticas recentes de incentivo à adoção do BIM em licitações e obras públicas.

A análise de dados foi conduzida em duas etapas complementares. A primeira etapa trouxe os dados oriundos das entrevistas e documentos que foram sistematizados em uma matriz de diagnóstico baseada nas competências BIM (Succar; Sher; Willians, 2012). Essa abordagem ofereceu subsídios para a criação de um diagrama de processos baseado nos princípios de governança colaborativa.

Na segunda etapa, aplicou-se Análise de Redes Sociais (SNA) para representar o processo interorganizacional explicitado no diagrama de processos de governança colaborativa (Wasserman; Faust, 1994; Scott, 2017). A implementação e a visualização foram realizadas no software livre Gephi[®], com importação de arquivos .csv (nós e arestas dirigidas, coluna *weight* numérica), uso do layout Fruchterman-Reingold para posicionamento espacial e mapeamento visual com tamanho do nó proporcional ao grau ponderado, espessura da aresta proporcional ao peso e cor por comunidade (Fruchterman; Reingold, 1991; Bastian; Heymann; Jacomy, 2009).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos quatro estudos de caso permitiu compreender como as redes colaborativas BIM se estruturam em projetos públicos no estado do Paraná, Brasil. Cada rede apresentou características próprias em relação ao porte do projeto, aos atores envolvidos e ao estágio de maturidade do BIM, mas em todos os contextos foi possível observar a formação de arranjos colaborativos que extrapolam as relações contratuais tradicionais, configurando dinâmicas organizacionais complexas e interdependentes.

4.1 PANORAMA DOS CASOS INVESTIGADOS

4.1.1. Estudo de Caso 01: Escritórios de Projetos BIM em universidades estaduais

A iniciativa governamental denominada Projetek - Escritórios de Projetos de Engenharia e Arquitetura, inserida no Programa Agência de Desenvolvimento Regional Sustentável (*Ageuni*), no estado do Paraná, promove a articulação entre universidades estaduais e pequenos municípios do Paraná, com até 30 mil habitantes. O principal objetivo é atender à carência de capacidade técnica desses municípios na elaboração de projetos de obras públicas, mediante o uso do BIM favorecendo a atuação colaborativa das diferentes áreas envolvidas. Até 2024, o programa havia beneficiado 57 municípios com 61 projetos entregues e outros 42 em execução.

Nas universidades, bolsistas e profissionais fazem o atendimento das demandas municipais com a elaboração dos projetos solicitados. Essas ações são distribuídas regionalmente, contemplando as distintas regiões do estado (Campos Gerais, Centro-Oeste, Centro-Sul, Norte, Norte Pioneiro, Oeste e região Central), compondo um grupo de sete escritórios regionais localizados em cada uma das universidades estaduais.

A governança do *Projetek* está estruturada por comitês regionais estratégico-acadêmicos vinculados a cada universidade estadual, além de um comitê estadual que congrega representantes do setor produtivo, do governo e da sociedade civil, garantindo que as decisões respondam às necessidades específicas de cada território.

Os resultados já alcançados refletem impacto e abrangência: em 2024, o *Projetek* foi o vencedor do Prêmio Excelência em Competitividade, promovido pelo Centro de Liderança Pública (CLP), destacando-se entre 333 iniciativas propostas por 20 estados brasileiros. Recentemente, recebeu a premiação nacional de excelência na gestão pública no 25º Congresso de Tecnologia e Inovação na Gestão Pública (Conip 2025), vencedor na categoria Políticas Públicas.

O uso do BIM é a base do programa. O *Projetek* promove, portanto, uma rede colaborativa que converge universidade, governo e sociedade local. Esse modelo pode ser reconhecido como referência para fundamentar investigações sobre redes colaborativas BIM, especialmente quando se considera o potencial de replicação em outros contextos regionais com desafios análogos.

4.1.2. Estudo de Caso 02: Engenharia Consultiva referência no uso do BIM

A organização entrevistada caracteriza-se como uma empresa de engenharia de abrangência multinacional e presença consolidada em projetos de grande relevância nacional. Reconhecida por certificações de qualidade, meio ambiente e segurança, bem como por premiações que atestam seu ambiente de trabalho e sua cultura de inovação. A instituição consolidou um perfil de referência na execução de projetos complexos que demandam soluções tecnológicas avançadas. Essa trajetória permite compreendê-la como um estudo de caso significativo para análises sobre redes colaborativas que se estruturam a partir da aplicação BIM. O Quadro 1 sumariza os principais projetos com envolvimento da empresa estudada, demonstrando que a sua capacidade de articular redes colaborativas.

Quadro 1 – Principais projetos desenvolvidos pela empresa do Estudo de Caso 02

Projeto/Obra	Área de Atuação	Soluções Tecnológicas / Inovação	Resultados Relevantes
Habitação de Interesse Social (SP)	Arquitetura e urbanismo	PEB, CDE, IFC, BCF, orçamentação 5D, compatibilização multidisciplinar	Atendimento a 1.304 pessoas; empreendimento com mais de 25 mil m ²
Urbanização e Contenção de Encostas (Recife)	Obras urbanas e ambientais	Civil 3D, Infraworks, BIM, drones, laser scanner, análises hidrológicas/geotécnicas	Mitigação de riscos; planejamento sustentável em áreas vulneráveis
Levantamentos em Rodovias (AssetAI)	Infraestrutura rodoviária	Inteligência Artificial (YOLOv8), visão computacional, integração BIM + georreferenciamento	Redução de 70–80% no tempo de levantamento; otimização de equipes

Projeto/Obra	Área de Atuação	Soluções Tecnológicas / Inovação	Resultados Relevantes
Projeto Tietê (SP)	Saneamento ambiental	Plataforma PLUG (BI, app móvel, governança digital)	Gestão de mais de 50 contratos; investimento de US\$ 2,5 bilhões; atendimento a 21 milhões de pessoas

Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados disponibilizados no site da empresa (2025)

No campo habitacional, a empresa foi responsável pelo desenvolvimento de projetos de habitação de interesse social em São Paulo, em um empreendimento de mais de 25 mil m² voltado a 1.304 pessoas. Nesse contexto, a adoção do Plano de Execução BIM (PEB), aliada ao uso de Ambientes Comuns de Dados (CDE), interoperabilidade via IFC® (*Industry Foundation Classes*) e intercâmbio BCF® (*BIM Collaboration Format*) viabilizou uma rede colaborativa multidisciplinar que integrou diferentes especialidades, com maior compatibilização, rastreabilidade e transparência no processo. Além disso, a aplicação de orçamentação e a extração de quantitativos demonstram a maturidade no uso do BIM, que vai além da modelagem geométrica e alcança a dimensão de custos e planejamento.

Em projetos urbanos e ambientais, destacam-se as obras de urbanização e contenção de encostas no Recife, que mobilizaram softwares, drones e laser scanner, articulando modelagem digital, análises geotécnicas e hidrológicas em uma rede de especialistas. Na infraestrutura rodoviária, a instituição incorporou inteligência artificial, baseada em visão computacional, que possibilitou a identificação automatizada de ativos rodoviários em milhares de quilômetros. Essa integração de IA com fluxos BIM e georreferenciamento reduziu em mais de 70% o tempo de levantamento de campo, promovendo eficiência e escalabilidade em projetos de grande porte. Outro exemplo é o Projeto Tietê, considerado o maior programa de saneamento ambiental do Brasil, que envolve investimentos de bilhões de dólares e atendimento a mais de 21 milhões de habitantes. Para essa iniciativa, a empresa desenvolveu a Plataforma Única de Gerenciamento (PLUG), que integra informações contratuais, cronogramas, licenciamento, indicadores de desempenho e acompanhamento físico-financeiro, apoiada por recursos de *Business Intelligence* (BI) e coleta de dados em campo.

A análise desse estudo de caso evidencia que a adoção de metodologias colaborativas, a integração de tecnologias emergentes e a governança inovadora compõem um conjunto de práticas que tornam a organização um exemplo relevante para os estudos sobre redes colaborativas BIM.

4.1.3 Estudo de Caso 03: Engenharia Consultiva em obras do setor de energia

A organização analisada possui mais de três décadas de atuação no setor de engenharia, atuando com consultoria, projetos, supervisão e gerenciamento de obras, voltadas especialmente para os segmentos de energia, mineração e infraestrutura. Em termos de segmentação de mercado, o escopo de atuação engloba energias renováveis — como hidrelétricas (incluindo CGH, PCH, UHE e reversíveis), energia eólica, solar, térmica e hidrogênio verde — além de infraestrutura em barragens, saneamento, drenagem, portos, aeroportos, entre outros. No setor de mineração, são contempladas áreas como engenharia geotécnica, geologia/hidrogeologia, recursos hídricos, drenagem e segurança de barragens.

Sua postura inovadora está presente na adoção de processos integrados de alta precisão técnica, sistematizados com foco em eficiência operacional e redução de riscos ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos. Embora não haja enfoque no uso do BIM, o perfil de inovação tecnológica, aliado ao portfólio rico em setores que tipicamente demandam modelagem avançada (como energias renováveis e infraestrutura complexa), sugere um ambiente propício à implementação ou integração de práticas colaborativas digitais, incluindo BIM, interoperabilidade e controle de qualidade.

4.1.4 Estudo de Caso 04: Engenharia de Infraestrutura Pública

A Coordenadoria de Pesquisa e Desenvolvimento (CPD) do Departamento de Estradas de Rodagem do Paraná (DER/PR) atua como o núcleo estratégico responsável pela implementação do BIM no âmbito das obras rodoviárias do Estado. A implantação do BIM no DER/PR foi estruturada em três etapas cronológicas: (i) Adoção (a partir de 2019) – com foco em pesquisa, elaboração de padrões, aquisição de infraestrutura tecnológica e capacitação interna; (ii) Expansão e Integração (2023–2024) – com aplicação prática nos processos de contratação, execução e fiscalização das obras, bem como estudos de integração com SIG; (iii) Operação Pós-Obra – com previsão de uso do BIM para gestão dos ativos rodoviários em Ambiente Comum de Dados (ACD) único para todo o Estado.

A CPD interveio desde o início dos processos licitatórios, assumindo papel no desenvolvimento dos editais e Termos de Referência que exigem BIM, oferecendo suporte técnico para fiscalização e adaptando padrões de contratação ao contexto da modelagem colaborativa. O projeto mais maduro quanto ao BIM é o da nova Ponte de Guaratuba–Matinhos (PR-412), sendo um marco no processo de adoção BIM. A obra, orçada em R\$ 386,9 milhões, possui 1.244 metros de extensão, sendo o primeiro edital piloto com uso da nova Lei de Licitações e BIM, destacando o nível de detalhes alcançado com a metodologia e a parceria consolidada entre os envolvidos.

O papel da CPD do DER/PR se destaca como central e multifacetado no avanço da adoção do BIM em infraestrutura rodoviária. Atuando desde a formulação de políticas e editais até o acompanhamento prático em campo com tecnologias imersivas, a coordenadoria representa o eixo mobilizador de uma rede colaborativa que integra entidades públicas, setor privado e tecnologia de ponta. O caso da Ponte de Guaratuba exemplifica esse êxito, ao ilustrar a aplicação de BIM em licitação, fiscalização, realidade mista e cooperação institucional.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DA FORMAÇÃO DE REDE BIM

O reconhecimento das características de formação das redes colaborativas BIM mostrou os diversos papéis presentes na configuração dos seus atores. Evidenciou-se que há uma diversidade de papéis na rede público-privada criada para projetos em BIM. Essa configuração não é exclusividade da implementação BIM, existindo antes mesmo do seu uso. Entretanto, o que muda são a formação e interdependências de tecnologias, processos e políticas entre os diversos agentes. O Quadro 2 sumariza os atores em projetos públicos de construção e descreve sua função, vínculo e as funções integradas ao se utilizar BIM. Já a Figura 1 mostra o

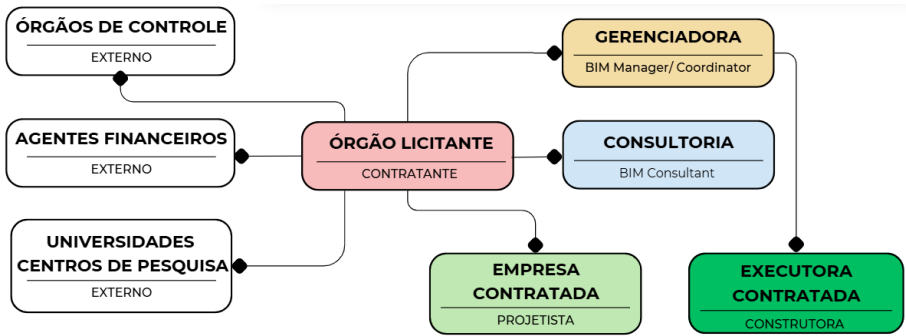
organograma que configura a rede colaborativa BIM, a partir das evidências dos casos estudados.

Quadro 2 – Caracterização dos atores e suas funções em projetos públicos com utilização do BIM

Ator	Função principal	Vínculo com o projeto	Funções BIM
Órgão licitante (contratante)	Define escopo, elabora edital, contrata empresas e acompanha execução.	Administração pública ou privada que demanda o projeto/obra.	Define requisitos BIM (EIR), estabelece normas de modelagem, avalia entregas digitais, detentora do ambiente comum de dados (CDE)
Projetistas especializados	Desenvolvem disciplinas específicas: estrutural, elétrica, hidráulica, arquitetura etc.	Internos do órgão licitante.	Elaboram modelos disciplinares, colaboram em ambiente comum de dados (CDE), geram relatórios BIM.
Empresa contratada (projetista)	Responsável pelo desenvolvimento do projeto ou execução da obra.	Prestador de serviço contratado via licitação ou concorrência.	Produz modelos BIM (disciplinas), coordena compatibilização, entrega documentação digital.
Gerenciadora/ Fiscalizadora	Supervisiona prazos, custos, qualidade e conformidade da execução.	Empresa contratada pelo órgão licitante, atua de forma independente.	Faz o controle de qualidade dos modelos, valida parâmetros, garante conformidade com o BIM Mandate.
Construtora/ Executora da obra	Realiza a materialização física do projeto (quando distinta da empresa projetista).	Contratada pelo órgão licitante ou pela empresa principal.	Utiliza modelos BIM para planejamento 4D (cronograma) e 5D (custos), aplica BIM em campo.
Órgãos de controle externo	Fiscalizam legalidade, conformidade orçamentária e regulatória.	Tribunal de Contas, Controladoria, Ministério Público etc.	Podem exigir relatórios derivados de modelos BIM para auditoria e transparência.
Agentes financeiros	Apoiam o projeto por meio de financiamento, crédito ou garantias.	Bancos, fundos de investimento ou organismos multilaterais.	Demandam indicadores BIM (custos, riscos, prazos simulados) para liberar recursos.
Universidades e centros de pesquisa	Contribuem com inovação, capacitação e desenvolvimento tecnológico.	Parcerias institucionais ou convênios de cooperação técnica.	Desenvolvem metodologias BIM, formam profissionais e promovem pesquisa aplicada.

Fonte: Dados da pesquisa (2025)

Figura 1 – Organograma de funções em redes colaborativas BIM



Fonte: Elaborado pelos autores com base nos achados do estudo (2025)

A representação dos atores em projetos públicos evidencia que a adoção do BIM depende menos de uma lógica puramente hierárquica e mais da coordenação de esforços

interdependentes. Como discutem Aibinu e Papadonikolaki (2020), a efetividade do processo resulta da articulação entre múltiplos agentes, sendo nesse recorte o órgão licitante o ator central, mas não exclusivo da governança. A literatura sobre governança colaborativa (Ansell; Gash, 2007; Belrhiti *et al.*, 2024) reforça que a presença de atores externos, como órgãos de controle, universidades e agentes financeiros, amplia a rede de influência e demanda mecanismos de negociação, confiança e cooperação.

A configuração identificada nos casos analisados apresenta características observadas em diferentes tipologias de redes descritas na literatura, sem se restringir integralmente a uma delas. Assim como observado por Håkansson e Ingemansson (2013), parte das relações é estruturada em torno de projetos e contratos temporários, envolvendo organizações autônomas que se articulam para a realização de objetivos específicos. Entretanto, nos casos estudados, a rede não se limita aos agentes diretamente vinculados à cadeia contratual do empreendimento, incorporando também órgãos de controle, instituições de ensino, agentes financeiros e outros atores que influenciam sua estruturação. Essa configuração aproxima-se das relações interorganizacionais descritas por Hämäläinen e Salmi (2022), que podem ultrapassar os limites de projetos individuais e estabelecer conexões intersetoriais, bem como da perspectiva de ecossistemas de Pulkka *et al.* (2016), baseada na articulação entre diferentes organizações para criação de valor coletivo. Os resultados sugerem que as redes BIM formadas em projetos públicos apresentam uma configuração ampliada, na qual relações contratuais e temporárias coexistem com conexões institucionais e colaborativas.

A análise dos casos também evidencia que a governança dessas redes não corresponde a uma tipologia única, mas combina características de diferentes arranjos descritos na literatura. A centralidade exercida pelos órgãos públicos licitantes, responsáveis pela definição de requisitos, padrões e mecanismos formais de coordenação, aproxima-se de estruturas centralizadas de governança, nas quais um ator assume a função de *hub* da rede (Yanakiev, 2020). Ao mesmo tempo, a participação de empresas, instituições de ensino, órgãos de controle e demais atores, associada à presença de relações horizontais e mecanismos informais de colaboração, incorpora características de governança participativa e cooperativa (Van Den Oord *et al.*, 2023; Bodin, 2017; Muyters; Broucker; Witte, 2021). Os casos analisados aproximam-se, nesses aspectos de uma configuração híbrida de governança, na qual mecanismos hierárquicos e *top-down* coexistem com relações horizontais, cooperativas e adaptativas. Esse resultado converge com Lowndes e Skelcher (1998), Enjolras, Hansen e Winsvold (2024) e Belrhiti *et al.* (2024), reforçando que a configuração da governança em redes depende do contexto, dos atores envolvidos e das necessidades de coordenação estabelecidas em cada projeto.

Autores que analisam as redes colaborativas no setor da construção (Badi; Diamantidou, 2017; Grilo *et al.*, 2013; Tang *et al.*, 2019) demonstram que o BIM opera como uma rede dinâmica, na qual empresas, projetistas, consultores e fiscalizadoras atuam como nós interdependentes em fluxos de informação e decisão. Nessa perspectiva, a estrutura apresentada reforça um arranjo híbrido de governança (Lowndes; Skelcher, 1998; Van Den Oord *et al.*, 2023), combinando relações contratuais verticais e interações horizontais que configuram um ecossistema colaborativo para a entrega de resultados coletivos.

Em se tratando do diagnóstico (Quadro 3) acerca de como as redes estudadas fazem uso do BIM para se estruturar, foi possível identificar assimetrias de maturidade entre os três conjuntos de competências (tecnologia, processos e políticas). O conjunto de tecnologias

mostra que softwares de modelagem, CDEs e servidores internos estão presentes em todas as instituições analisadas, mas ainda há falta de padronização e restrições de acesso a documentos, o que limita a interoperabilidade e o fluxo contínuo de informações. Além disso, a introdução de novas tecnologias esbarra em ausência de licenças vitalícias e baixa capacitação, situação já identificada em outros contextos do setor público (Belay; Goedert, 2021; Tam *et al.*, 2021). Esse cenário confirma que a adoção de BIM depende não apenas da aquisição de ferramentas, mas da forma como as interdependências de tarefas e esforços colaborativos são operacionalizados (Aibinu; Papadonikolaki, 2020).

Os achados também relativizam o papel da infraestrutura tecnológica na consolidação das redes colaborativas. Embora Ma e Ma (2017), Lin e Yang (2018) e Petri et al. (2018) destaquem plataformas e ambientes digitais integrados como suporte à colaboração, os casos analisados mostram que a disponibilidade dessas tecnologias, isoladamente, não assegura a integração da rede. A presença de softwares de modelagem, CDEs e servidores nas instituições coexistiu com restrições de acesso, ausência de padronização e descontinuidades no fluxo de informações. Nesse sentido, os resultados indicam que a infraestrutura digital constitui uma condição de suporte, mas sua capacidade de promover colaboração depende de sua articulação com processos, regras e competências compartilhadas entre as organizações participantes.

Quadro 3 – Matriz de Diagnóstico das redes colaborativas BIM baseada nos conjuntos de Competências BIM (Succar, Sher; Williams, 2012) categorizadas para avaliação

Conjunto de Competências BIM	Categoria	Ferramentas / Artefatos	Rede / Instituição	Observações / Barreiras
CONJUNTO DE TECNOLOGIA EM SOFTWARE, HARDWARE E DADOS/REDES	Sistemas de Informação	Softwares de modelagem; CDEs; servidores internos; armazenamento na nuvem.	Todos	Falta de padronização entre núcleos; acesso restrito a documentos.
	Novas Tecnologias	Atualizações de software e CDEs.	Projetek UEM, UENP, Unicentro; Caso 02.	Softwares caros; ausência de licenças vitalícias; baixa capacitação.
	Ferramentas de Verificação de Modelos	Navisworks, sobreposição IFC, QI Visus.	Projetek Unioeste, Caso 03, DER/PR	Prefeituras sem preparo para manipular modelos em BIM.
CONJUNTOS DE PROCESSOS EM RECURSOS, ATIVIDADES/FLUXOS DE TRABALHO, PRODUTOS/SERVIÇOS E LIDERANÇA/GESTÃO	Estratégia de Negócio	Power BI + CDE, Planos de Execução BIM (PEB), Chamada Pública.	Caso 02, DER/PR	Estratégias consolidadas, mas ainda restritas a projetos-piloto.
	Processos Colaborativos	CDE, fluxogramas, atas, relatórios.	Projetek Unicentro, Unioeste, UEPG, DER/PR	Comunicação informal; baixa integração externa.
	Estruturas Organizacionais	Equipes multidisciplinares (profissionais + bolsistas); organogramas definidos por edital; conforme complexidade do projeto - norteado pelo Termo de	Projetek; Caso 02 e DER/PR	Rotatividade de bolsistas; ausência de BIM Manager em alguns núcleos.

Conjunto de Competências BIM	Categoria	Ferramentas / Artefatos	Rede / Instituição	Observações / Barreiras
		Referência da licitação (projeto)		
	Funcionários e Cultura de Trabalho	Engajamento por projetos, aprendizagem prática, uso incremental de softwares.	Projeteks, Caso 03	Resistência cultural; falta de treinamento contínuo; desarticulação externa.
CONJUNTO DE POLÍTICAS EM BENCHMARKS/CONTROLES, CONTRATOS/ACORDOS E ORIENTAÇÃO/SUPERVISÃO	Relacionamentos Externos	Convênios, licitações, parcerias com universidades, associações de municípios.	DER/PR, Projeteks	Formalidade garante legalidade, mas reduz flexibilidade em alguns casos.
	Semântica de Negócios	Protocolos de entrega (nível da informação BIM)	Caso 03; Caso 02; DER/PR	Escopos ainda difusos; dependência de fiscais/técnicos locais.
	Treinamentos	Cursos e eventos voltados ao BIM; capacitação por consultoria; Sistema de Qualidade BIM ("Círculo BIM")	DER/PR, Caso 02	Capacitação pontual; ausência de plano contínuo de treinamento.
	Protocolos e Padrões	Fluxos de trabalho formalizados; PEB	Projetek Unicentro, Unespar, UEPG, DER/PR	Padronização consolidada em DER-PR; Projeteks em evolução.
	Gestão de Custos	Planilhas de controle; Tabelas referenciais de custos de projeto.	Projeteks, Caso 03, DER/PR	Custos elevados de softwares; falta de transparência em parcerias privadas.

Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados coletados nas entrevistas (2025)

No conjunto de competências em processos, o quadro mostra estratégias de negócio relativamente consolidadas em órgãos públicos, mas ainda restritas a projetos-piloto. Os processos colaborativos, apesar de formalizados por fluxogramas, atas e relatórios, são limitados pela comunicação informal e pela baixa integração externa, refletindo a tensão entre relações formais e informais identificada por Papadonikolaki, Holti e Broadbent (2017). Além disso, a rotatividade de pessoal e a ausência de BIM *Managers* em alguns núcleos, comprometem a continuidade das equipes multidisciplinares, apontando para a fragilidade da rede na gestão de conhecimento e capital humano. Esse quadro dialoga com estudos de Li *et al.* (2021), que mostram que o desempenho das redes BIM depende tanto da configuração relacional formal quanto da densidade de laços informais que sustentam a colaboração cotidiana.

Ainda acerca do conjunto de processos, no tocante à cultura de trabalho, a resistência cultural, a falta de treinamento contínuo e a desarticulação externa confirmam que os aspectos sociais e organizacionais ainda são barreiras centrais para a consolidação do BIM (Mignone *et al.*, 2016; Xue *et al.*, 2018). A literatura em redes colaborativas demonstra que a eficácia de tais

arranjos depende de mecanismos que favoreçam aprendizagem coletiva, confiança e transferência de conhecimento (Badi; Diamantidou, 2017; Pryke; Badi; Bygballe, 2017), pontos ainda frágeis nos casos analisados.

No conjunto de políticas, os resultados apontam para a necessidade de maior maturidade com relacionamentos externos, baseados em convênios e parcerias, que garantem legalidade, mas por vezes reduzem a flexibilidade necessária em arranjos colaborativos. Esse achado dialoga com a literatura sobre governança colaborativa, que mostra como a formalidade assegura legitimidade, mas pode engessar a adaptabilidade das redes (Ansell; Gash, 2007; Bodin, 2017; Belrhiti *et al.*, 2024). A semântica de negócios, entretanto, ainda se mostra difusa, com escopos pouco claros e dependência de fiscais e técnicos locais, confirmando a importância da definição de protocolos de entrega e níveis de informação BIM para alinhar expectativas e reduzir ambiguidades contratuais (Papadonikolaki; Vrijhoef; Wamelink, 2016).

Outro ponto recorrente diz respeito aos treinamentos, que ocorrem de forma pontual e fragmentada, sem um plano contínuo de capacitação. Estudos anteriores já indicaram que a maturidade BIM só é alcançada quando a capacitação é constante, contextualizada e vinculada a projetos práticos (Mohammed, 2020; Cao *et al.*, 2017). Ainda que os protocolos e padrões estejam consolidados em instituições-âncora como o DER/PR, e em evolução nos Projeteks, a gestão de custos segue como obstáculo, em razão do preço elevado de softwares e da ausência de transparência em algumas parcerias privadas. Essa limitação financeira compromete a sustentabilidade da rede, aspecto também identificado em estudos sobre redes de negócios no setor da construção (Burov; Khokhlova; Kretova, 2021; Tang *et al.*, 2019).

Os resultados mostram que o processo de implementação do BIM nas redes analisadas encontra-se em fase de transição: há institucionalização de protocolos e padrões, mas a consolidação dessas redes depende do alinhamento entre competências tecnológicas, processuais e políticas e de sua articulação com mecanismos relacionais de colaboração. A capacitação contínua, a redução de barreiras culturais, a definição de responsabilidades e a formalização de uma semântica de negócios compartilhada emergem, nesse contexto, como elementos relevantes para a continuidade das relações interorganizacionais. Tais desafios reforçam a pertinência de modelos híbridos de governança, capazes de equilibrar formalidade e flexibilidade, e de estratégias de aprendizagem em rede, que consolidem competências e fortaleçam a cooperação interorganizacional (Lowndes; Skelcher, 1998; Huovinen, 2019; Enjolras; Hansen; Winsvold, 2024).

4.3 ESTRUTURAÇÃO DA REDE COLABORATIVA BIM

A partir da caracterização dos atores, suas funções e amparado na matriz de diagnóstico emergiu o diagrama de processos de governança colaborativa (Figura 2), que reflete a estruturação da rede colaborativa BIM para projetos públicos. Na literatura, diversos autores reforçam essa importância de institucionalizar regras e papéis formais como base para a cooperação. Papadonikolaki, Vrijhoef e Wamelink (2016) e Lin e Yang (2018) mostram que o design institucional fornece previsibilidade e reduz incertezas na coordenação BIM.

A primeira seção do diagrama, correspondente aos condicionantes iniciais, expressa o ambiente institucional e regulatório que antecede a colaboração. Essa fase é coerente com o que Tang *et al.* (2019) e Belay e Goedert (2021) destacam ao afirmar que fatores institucionais

moldam a intensidade e a qualidade da colaboração em projetos públicos. No caso dos projetos analisados, o processo licitatório na definição do Termo de Referência dos editais configura os mecanismos estruturantes de coordenação, que condicionam o comportamento dos agentes e delimitam o espaço de ação das futuras redes colaborativas. Além disso, a formalização contratual e o papel do órgão licitante refletem a dimensão formal das relações destacada por Papadonikolaki, Holti e Broadbent (2017).

A segunda camada do diagrama que trata do design institucional, organiza os papéis, responsabilidades e regras de interação entre os atores. Essa etapa dialoga diretamente com os achados de Ma e Ma (2017) e Lin e Yang (2018), que enfatizam que a eficácia das redes colaborativas depende da infraestrutura tecnológica e dos arranjos institucionais que sustentam o fluxo de informação. No diagrama, elementos como a definição do CDE e a pactuação de responsabilidades BIM traduzem o esforço de formalizar um ambiente digital colaborativo, em consonância com os frameworks de maturidade e competências propostos por Succar, Sher e Willians (2012). Esses arranjos institucionais constituem o “esqueleto” da rede, permitindo que os fluxos de comunicação e coordenação ocorram de forma estruturada.

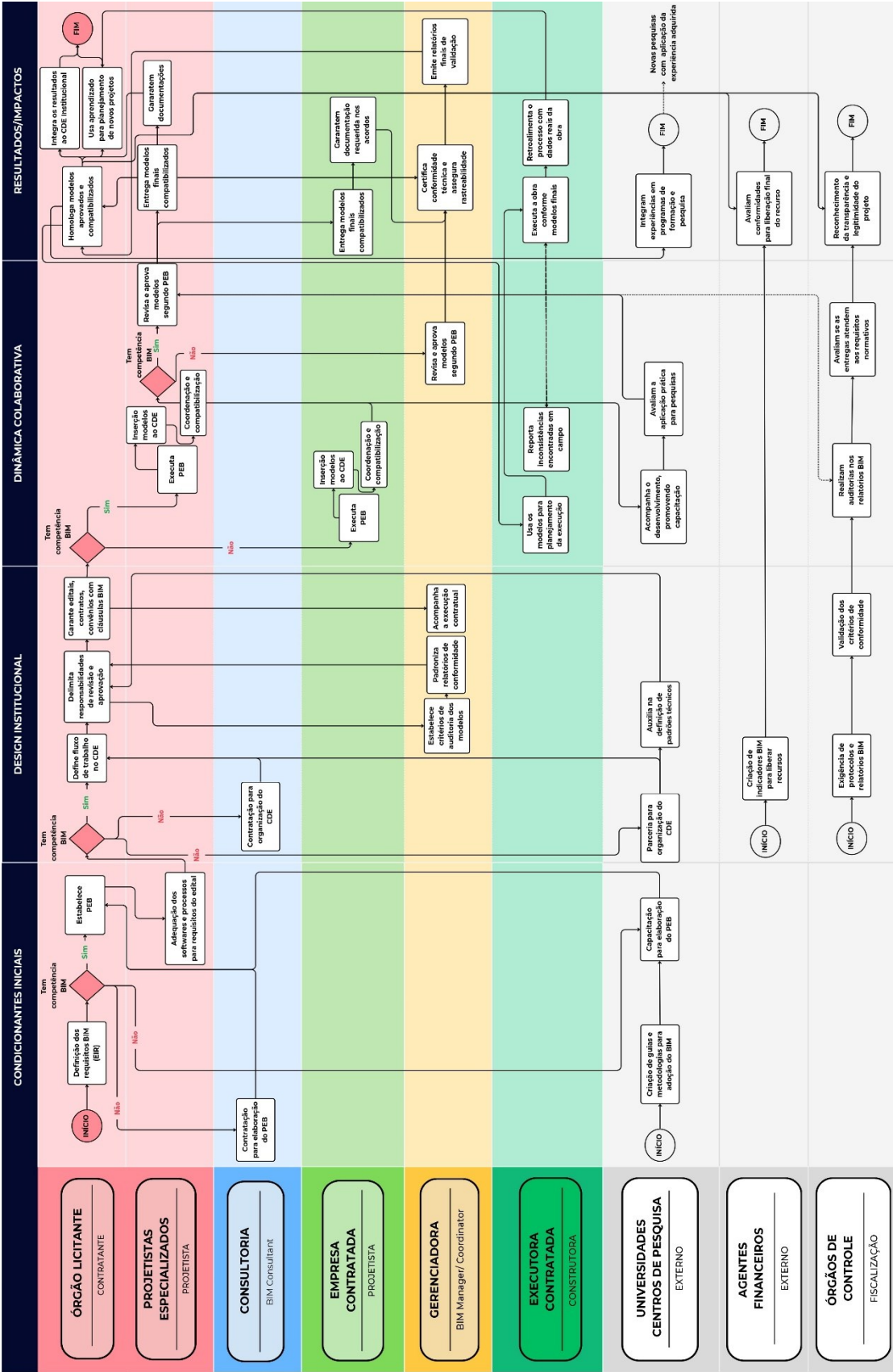
A terceira seção, dinâmica colaborativa, evidencia as interações e fluxos que emergem entre os atores à medida que os projetos se desenvolvem. Essa dimensão representa o núcleo relacional da rede colaborativa BIM, em que a confiança, a comunicação e o aprendizado conjunto tornam-se centrais. Esses aspectos são apontados por Mignone *et al.* (2016) e Papadonikolaki, Vrijhoef e Wamelink (2016) como determinantes para o sucesso de projetos colaborativos.

O diagrama revela interdependências funcionais entre projetistas, consultores e construtoras, reforçando a noção de cooperação além dos limites contratuais discutida por Li *et al.* (2021). Através de trocas constantes via plataformas BIM e revisões iterativas de modelos, a rede passa a operar como um sistema adaptativo, aproximando-se da perspectiva de Pan e Zhang (2022), que descrevem redes dinâmicas em constante reconfiguração conforme o projeto avança.

A quarta dimensão, resultados e impactos, reflete a maturidade da rede e os efeitos decorrentes da colaboração. No diagrama, aparecem resultados tangíveis, como entregas BIM, relatórios e validações, e intangíveis, como aprendizado coletivo, fortalecimento institucional e melhoria da capacidade colaborativa. Essa diferenciação se alinha às noções de *outputs*, *outcomes* e *impacts* propostas por Bryson *et al.* (2015).

O diagrama de processos de governança colaborativa BIM materializa o framework teórico de Bryson, Crosby e Stone (2006; 2015) no contexto do BIM, integrando competências tecnológicas, processuais e políticas, conforme preconizam Succar; Sher; Willians (2012). Ao mesmo tempo, evidencia a estrutura de redes colaborativas, como observado por Li *et al.* (2021) e Tang *et al.* (2019).

Figura 2 – Diagrama de governança colaborativa para as redes colaborativas BIM para projetos públicos



Fonte: Autores (2025)

Figura 3 – Análise SNA a partir das interações identificadas



4.4 CONTRIBUIÇÕES PARA A GOVERNANÇA COLABORATIVA E DESENVOLVIMENTO REGIONAL

Sob a perspectiva do desenvolvimento regional, os resultados permitem compreender a estruturação das redes colaborativas BIM para além dos limites de projetos individuais. A

participação de órgãos públicos, empresas, universidades, órgãos de controle e demais organizações, estabelece conexões interorganizacionais pelas quais competências, informações e práticas BIM podem circular entre diferentes atores. Essa configuração aproxima-se da compreensão de redes apresentada por Hämäläinen e Salmi (2022), caracterizada por relações que podem ultrapassar projetos individuais, e da perspectiva de ecossistemas de Pulkka et al. (2016), na qual a articulação entre organizações favorece processos de criação de valor coletivo.

Nesse sentido, a contribuição dessas redes para o desenvolvimento regional não decorre exclusivamente da digitalização na AEC, mas também da capacidade de articular recursos e competências distribuídos entre organizações presentes em determinado contexto. Os estudos de caso demonstraram diferenças de capacitação, maturidade BIM, disponibilidade tecnológica, protocolos institucionais e relações externas, indicando que as características institucionais e locais condicionam a estruturação dessas redes. Esse resultado converge com Belay e Goedert (2021) e Tam et al. (2021), que evidenciam a influência das condições locais na adoção do BIM.

Adicionalmente, pesquisas como as de Badi e Diamantidou (2017), Xue *et al.* (2018) e Zhang e Ashuri (2018) evidenciam que as interações em redes BIM não apenas fortalecem vínculos técnicos e processuais, mas também contribuem para criar capital social e disseminar conhecimento entre os participantes. Os resultados encontrados permitem aproximar essa discussão do contexto regional, uma vez que a interação entre os vários atores evidenciados pode criar condições para a circulação de conhecimentos, competências e práticas entre organizações. A continuidade dessas relações para além de projetos específicos pode ampliar a difusão das competências desenvolvidas e sua incorporação em novos empreendimentos e organizações. Nesse sentido, a literatura tem demonstrado que a consolidação dessas redes pode servir de base para políticas públicas mais robustas e alinhadas às necessidades locais (Belay; Goedert, 2021; Tang *et al.*, 2019).

A contribuição desta pesquisa reside em demonstrar como a análise das competências colaborativas e a estruturação de redes BIM em projetos públicos a partir delas podem apoiar a formulação de políticas, a coordenação interorganizacional e o fortalecimento institucional, estabelecendo uma relação com o desenvolvimento regional por meio do fortalecimento das capacidades organizacionais e institucionais, da circulação de conhecimento e da articulação entre atores públicos e privados. Ao integrar dimensões tecnológicas, processuais e institucionais, o diagrama apresentado evidencia que o BIM constitui não apenas um instrumento de digitalização, mas um meio para estruturar relações interorganizacionais capazes de favorecer a difusão de competências e práticas no contexto regional (Hämäläinen; Salmi, 2022; Pulkka *et al.*, 2016).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo buscou compreender como projetos públicos que estão se digitalizando com a inserção do BIM se estruturam como redes colaborativas, considerando diferentes contextos institucionais. Nesse sentido, teve como objetivo analisar como diferentes arranjos institucionais estruturam a formação dessas redes e, a partir dos achados empíricos, desenvolver um diagrama de processos que integrasse competências BIM e mecanismos de rede segundo princípios de governança colaborativa. Para tanto, a pesquisa, conduzida sob a abordagem DSR, baseou-se em estudos de casos múltiplos, utilizando o diagnóstico das competências BIM, a

construção de matrizes relacionais e sua representação por meio da Análise de Redes Sociais (SNA) como suporte à análise das redes.

Os resultados evidenciam que a consolidação de redes colaborativas BIM em projetos públicos não depende isoladamente da disponibilidade de tecnologias, mas da articulação entre competências tecnológicas, processuais e políticas e dos mecanismos que coordenam as relações entre os diferentes atores. Nos casos analisados, foram identificadas assimetrias entre esses conjuntos de competências, bem como a coexistência de relações formais e informais, diferentes níveis de maturidade e condicionantes institucionais que influenciam a configuração das redes. A análise também demonstrou que essas redes extrapolam os limites das relações contratuais diretamente associadas aos projetos, incorporando diferentes organizações que participam de sua regulação, capacitação, financiamento e controle.

Do ponto de vista teórico, o estudo avança ao propor uma integração entre competências BIM, governança colaborativa e análise de redes sociais, aproximando campos ainda pouco conectados. Do ponto de vista prático, oferece instrumentos de diagnóstico capazes de subsidiar a coordenação de projetos públicos, podendo fortalecer a adoção do BIM como vetor de inovação e criando condições para a articulação interorganizacional e a circulação de competências e conhecimentos em contextos regionais.

O estudo apresentou algumas limitações que devem ser reconhecidas. O escopo empírico restringiu-se a quatro estudos de caso localizados no estado do Paraná, o que pode limitar a generalização dos resultados para outros contextos regionais e nacionais. Além disso, outra limitação trata da ênfase em atores institucionais e técnicos, havendo espaço para explorar a participação de usuários finais, comunidades locais e agentes sociais indiretos impactados pelos projetos. Pesquisas futuras podem propor a aplicação do diagrama em diferentes contextos regionais. Outra possibilidade consiste em testar a estrutura proposta em processos de validação participativa, envolvendo gestores públicos, empresas privadas e instituições de ensino e pesquisa, o que pode fortalecer sua aderência prática e gerar ajustes contextuais relevantes. Estudos comparativos entre diferentes regiões também podem contribuir para identificar em que medida fatores institucionais, organizacionais e territoriais influenciam a configuração e a maturidade das redes colaborativas BIM.

Finalmente, a estrutura criada pode contribuir para compreender em que medida a governança colaborativa mediada pelo BIM pode se tornar um vetor mais amplo de inovação institucional e de promoção do desenvolvimento regional. Nessa perspectiva, a contribuição para o desenvolvimento regional decorre da capacidade das redes colaborativas BIM articularem organizações, fortalecerem capacidades institucionais e favorecerem a circulação de conhecimento e práticas entre os atores em um setor produtivo.

AGRADECIMENTOS E INFORMAÇÕES

Esse trabalho passou pela aprovação por Comitê de Ética por envolver interação com seres humanos (entrevistas e observações). A pesquisa foi conduzida em conformidade com os princípios éticos aplicáveis às pesquisas em Ciências Humanas e Sociais, conforme estabelecido pela Resolução CNS nº 510/2016, e contou com aprovação institucional e em Comitê de Ética, nos termos do Ofício nº 17/2022, assegurando o respeito à integridade, à confidencialidade e ao uso responsável das informações coletadas.

REFERÊNCIAS

- AIBINU, Adebayo M.; PAPADONIKOLAKI, Eleni. Conceptualizing and operationalizing team task interdependences: BIM implementation assessment using effort distribution analytics. **Automation in Construction**, v. 113, 2020.
- ANSELL, Chris; GASH, Alison. Collaborative governance in theory and practice. **Journal of Public Administration Research and Theory**, v. 18, n. 4, 2007.
- BADI, Sufala; DIAMANTIDOU, Dimitra. A social network perspective of building information modelling in Greek construction projects. **International Journal of Project Management**, v. 35, n. 3, 2017.
- BASTIAN, Mathieu; HEYMANN, Sebastien; JACOMY, Mathieu. Gephi: an open source software for exploring and manipulating networks. In: INTERNATIONAL AAAI CONFERENCE ON WEBLOGS AND SOCIAL MEDIA (ICWSM), 2009, Menlo Park. **Anais [...]** Menlo Park: AAAI, 2009.
- BELAY, Solomon Melaku; GOEDERT, James D. Enhancing BIM implementation in the Ethiopian public construction sector: An empirical study. **Journal of Engineering, Design and Technology**, v. 19, n. 6, 2021.
- BELRHITI, Zakaria et al. Unravelling collaborative governance dynamics within healthcare networks: a scoping review. **Health Policy and Planning**, v. 39, n. 1, 2024.
- BODIN, Örjan. Collaborative environmental governance: Achieving collective action in social-ecological systems. **Science**, v. 357, n. 6352, 2017.
- BRYSON, John M.; CROSBY, Barbara C.; STONE, Melissa Middleton. The design and implementation of Cross-Sector collaborations: propositions from the literature. **Public Administration Review**, v. 66, n. s1, 2006.
- BRYSON, John M.; CROSBY, Barbara C.; STONE, Melissa Middleton. Designing and implementing cross-sector collaborations: Needed and challenging. **Public Administration Review**, v. 75, n. 5, 2015.
- BUROV, V.; KHOKHLOVA, G.; KRETOVA, N. Development of small and medium-sized businesses in the construction industry through the use of business networks. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 666, 2021.
- CAO, Dongping et al. Dynamics of project-based collaborative networks for BIM implementation: Analysis based on stochastic actor-oriented models. **Journal of Management in Engineering**, v. 33, n. 3, 2017.
- DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel Pacheco; ANTUNES JUNIOR, José Antônio Valle. **Design Science Research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**. Porto Alegre: Bookman, 2015.

ENJOLRAS, Bernard; HANSEN, Vegard W.; WINSVOLD, Marte S. Collaborative governance and effectiveness during emergency response actions in Norway. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 99, 2024.

FLICK, Uwe. **An introduction to qualitative research**. 5. ed. London: SAGE, 2009.

GRILO, Antonio C.B. et al. Construction collaborative networks: The case study of a building information modelling-based office building project. **Automation in Construction**, v. 32, 2013.

HÅKANSSON, Håkan; INGEMANSSON, Maria. Industrial renewal within the construction network. **Construction Management and Economics**, v. 31, n. 1, 2013.

HÄMÄLÄINEN, Mikko; SALMI, Asta. Digital transformation in a cross-laminated timber business network. **Journal of Business & Industrial Marketing**, v. 37, n. 6, 2022.

HEVNER, Alan R. et al. Design science in information systems research. **MIS Quarterly**, v. 28, n. 1, 2004.

HUOVINEN, Pertti. Advancing networking-based business management in construction markets. In: 10TH NORDIC CONFERENCE ON CONSTRUCTION ECONOMICS AND ORGANIZATION. **Anais [...]**. Tallinn, Estonia, 2019.

KELLER, Martin et al. Support of collaborative business process networks in AEC. **Journal of Information Technology in Construction (ITcon)**, v. 11, 2006.

KVALE, Steinar. **InterViews: An introduction to qualitative research interviewing**. London: SAGE, 1996.

LARSON, Andrea L. Network dyads in entrepreneurial settings: A study of the governance of exchange relationships. **Administrative Science Quarterly**, v. 37, n. 1, 1992.

LI, Qian et al. BIM's formal and informal collaborative networks in traditional procurement: Insights from the construction phase of a hospital case study. **Construction Management and Economics**, v. 39, n. 9, 2021.

LIN, Yu-Cheng; YANG, Chao-Ying. A framework for collaboration management of BIM model creation in architectural projects. **Journal of Civil Engineering and Management**, v. 24, n. 5, 2018.

LOWNDES, Vivien; SKELCHER, Chris. The dynamics of multi-organizational partnerships: an analysis of changing modes of governance. **Public Administration**, v. 76, n. 2, 1998.

MA, Zhenhua; MA, Xinyu. Formulating the application functional requirements of a BIM-based collaboration platform to support IPD projects. **Automation in Construction**, v. 81, 2017.

MIGNONE, Gerard et al. Enhancing collaboration in BIM-based construction networks through organisational discontinuity theory: A case study of the new Royal Adelaide Hospital. **Architectural Engineering and Design Management**, v. 12, n. 5, 2016.

MOHAMMED, Abdullah Badaw. Collaboration and BIM model maturity to produce green buildings as an organizational strategy. **Journal of Green Building**, v. 15, n. 2, 2020.

MUYTERS, Gert; BROUCKER, Bruno; WITTE, Kristof. On higher education's complexities and the potential of network governance: A case study. **International Journal of Public Administration**, v. 44, n. 6, 2021.

OPSAHL, Tore; AGNEESSENS, Filip; SKVORETZ, John. Node centrality in weighted networks: generalizing degree and shortest paths. **Social Networks**, v. 32, n. 3, 2010.

PAN, Ying; ZHANG, Lihui. Modeling and analyzing dynamic social networks for behavioral pattern discovery in collaborative design. **Automation in Construction**, v. 124, 2022.

PAN, Ying; ZHANG, Lihui; SKIBNIEWSKI, Mirosław. Clustering of designers based on building information modeling event logs. **Automation in Construction**, v. 109, 2020.

PAPADONIKOLAKI, Eleni; VRIJHOEF, Ruben; WAMELINK, Hans. The interdependences of BIM and supply chain partnering: Empirical explorations. **Automation in Construction**, v. 71, 2016.

PAPADONIKOLAKI, Eleni; HOLTI, Richard; BROADBENT, Tim. Formal and informal relations within BIM-enabled supply chain partnerships. **Construction Management and Economics**, v. 35, n. 6, 2017.

PETRI, Ioan et al. A virtual collaborative platform to support building information modeling implementation for energy efficiency. **Automation in Construction**, v. 85, 2018.

PRYKE, Stephen; BADI, Samir; BYGBALLE, Lena E. Editorial for the special issue on social networks in construction. **Construction Management and Economics**, v. 35, n. 8–9, 2017.

PULKKA, Lauri et al. Applicability and benefits of the ecosystem concept in the construction industry. **Construction Management and Economics**, v. 34, n. 2, 2016.

ROWE, Andrew D. et al. New management forms for construction projects. In: **IEEE International Engineering Management Conference**. Cambridge: IEEE, 2002.

SCOTT, John. **Social network analysis**. 4. ed. London: SAGE, 2017.

SHIMIZU, João; CARDOSO, Francisco. Subcontracting and cooperation network in building construction: a literature review. In: **CIB W92/T23 Joint Symposium: Procurement Systems and Technological Development**. Trinidad and Tobago: CIB, 2002.

SUCCAR, Bilal; SHER, Willy; WILLIAMS, Anthony. Measuring BIM performance: Five metrics. **Architectural Engineering and Design Management**, v. 8, n. 2, 2012.

TAM, Nguyen Van et al. Factors affecting adoption of building information modeling in construction projects: A case of Vietnam. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 28, n. 7, 2021.

TANG, Yixuan et al. Comparing project-based collaborative networks for BIM implementation in public and private sectors: A longitudinal study in Hong Kong. **Automation in Construction**, v. 100, 2019.

WASSERMAN, Stanley; FAUST, Katherine. **Social network analysis: Methods and applications**. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.

VAN DEN OORD, Steven et al. Modes of network governance revisited: Assessing their prevalence, promises, and limitations in the literature. **Public Administration Review**, v. 83, n. 3, 2023.

XUE, Xiaolong et al. Collaborative innovation in construction project: A social network perspective. **Journal of Management in Engineering**, v. 34, n. 3, 2018.

YANAKIEV, Yulian. A governance model of a collaborative networked organization for cybersecurity research. **Information & Security: An International Journal**, v. 45, n. 2, 2020.

YIN, Robert K. **Case study research: design and methods**. 5. ed. Thousand Oaks: SAGE, 2015.

ZHANG, Jian; ASHURI, Baabak. BIM log mining: Discovering social networks. **Journal of Computing in Civil Engineering**, v. 32, n. 5, 2018.