

EM DIREÇÃO À IMPLEMENTAÇÃO DO BIM: CONTRIBUIÇÕES DA ANÁLISE DE REDES SOCIAIS

Daniel Santos ⁽¹⁾, Maria Luiza de Castro ⁽²⁾

(1) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte

(2) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte

Resumo

Diversas pesquisas sobre a implementação do *Building Information Modeling* (BIM) consideram que o sistema deve ser adotado de uma forma integrada, reunindo e articulando todas as informações relativas ao projeto em um ambiente comum. Entretanto, a fragmentação da gestão do projeto em diversas etapas que estão sob a responsabilidade de diferentes profissionais dificulta esta implementação. A colaboração e relação entre estes profissionais se organiza sob a forma de redes e a investigação dos elos dessas redes pelo método de Análise de Redes Sociais (ARS) pode contribuir para a identificação das possibilidades e dificuldades de implementação do BIM pela Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO), além de trazer informações que subsidiem os esforços de sua implantação neste setor. Buscando entender o estado da arte da aplicação da ARS na tecnologia BIM, este artigo propõe uma revisão bibliográfica sobre o tema. Os resultados evidenciam a relevante contribuição da ARS para a compreensão das relações entre os diversos atores envolvidos nas redes organizacionais BIM, evidenciando as articulações e lacunas existentes, o potencial e viabilidade de novas conexões. A partir destas análises, é possível propor novas diretrizes e otimizar processos de difusão e implementação do BIM.

1. Introdução

Embora algumas disciplinas específicas do design já utilizassem modelos e ferramentas 3D para visualização e criação, até recentemente, as práticas de colaboração, desenhos e documentação ainda giravam em torno da representação 2D. Desde que foram propostas pela primeira vez na década de 1970, diversas ferramentas para aplicação na tecnologia de Modelagem da Informação da Construção - *Building Information Modeling* (BIM) - foram desenvolvidas, objetivando aprimorar a eficácia na realização de diversos processos para a Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) com foco nas etapas de projeto, construção e manutenção de edificações [1]–[5].

A definição do BIM está longe de ser algo consolidado. Diversos autores vêm destacando a necessidade de definições e terminologias mais consistentes para lidar com os equívocos sobre

BIM, principalmente num setor que ainda está em pleno processo de adoção dessa tecnologia [6]. De acordo com o Instituto Nacional de Ciências da Construção dos EUA [7], BIM é uma representação digital das características físicas e funcionais de uma instalação, que funciona como um recurso de conhecimento compartilhado para obter informações sobre uma instalação que forma uma base confiável para decisões durante todo o seu ciclo de vida.

No entanto, apesar das diversas definições e abordagens disponíveis sobre o tema, permanece um entendimento limitado a respeito das mudanças positivas e significativas que o BIM introduz na estrutura da comunicação interorganizacional, nas funções e nos relacionamentos entre os envolvidos nas mais diversas fases e processos da AECO [8]. Da mesma forma que Arquitetura e Construção são atividades colaborativas, as ferramentas que as apoiam também devem sê-lo. Assim, para que todos os Usos BIM tragam sua contribuição de forma completa e síncrona, deve-se atender uma premissa básica para sua implantação: a colaboração. Dentro desta visão, participam diferentes atores interessados em distintas fases do ciclo de vida de uma instalação para inserir, extrair, atualizar ou modificar informações.

Verifica-se, portanto, uma grande interdependência entre os diferentes aspectos da AECO, com a existência de produtos, processos e pessoas que, além de se influenciar mutuamente, reagem a outros fatores do contexto, formando uma rede complexa de interações. Considera-se, ainda, a evidência de que as percepções e expectativas atuais por parte da indústria da construção civil sobre o BIM diferem, dependendo da perspectiva dos agentes envolvidos. Esta complexidade sugere a necessidade de criação de um ecossistema que permita a evolução síncrona e equilibrada entre seus elementos e parece ser imprescindível para a difusão do BIM. No entanto, manter o crescimento e equilíbrio, compatibilizando ao mesmo tempo, demandas, necessidades e desejos que podem ser contraditórios, é um objetivo desafiador dentro de um contexto de busca contínua e crescente por inovação e aprimoramento [9].

Embora o potencial do BIM possa parecer evidente, o setor da AECO tem sido relativamente resistente quanto a sua implementação devido a três razões principais. A primeira está no fato de que as partes interessadas carecem de apreciação e evidência quantificável para o valor agregado pelo BIM, baseado principalmente no retorno do investimento – *Return on Investment* (ROI). A segunda está pautada na abordagem da maioria das pesquisas sobre o tema, estas que se concentram em implementações numa única organização da cadeia de suprimentos da construção, ignorando a criação de valor em toda a cadeia, o que dificulta a comparação dos valores e compartilhamento de recompensas pelas partes interessadas. A terceira razão, baseia-se na evidência de que os pesquisadores geralmente negligenciam o processo de troca de valor e interação pelo qual as partes interessadas obtêm os benefícios esperados [10]. Portanto, é necessário avaliar e comparar os valores percebidos entre as diferentes partes envolvidas no BIM, a fim de entender completamente as compensações de valor inerentes ao seu uso e alocar as recompensas e incentivos com mais precisão, especialmente em novos acordos de colaboração.

Assim, desconsiderar as interações entre indivíduos nesta abordagem torna o estudo do fluxo de trabalho das informações ineficaz, principalmente no contexto dos processos do projeto [11]. Faz-se, então, valioso buscar o entendimento das relações sociais envolvidas na adoção do BIM para promover a sua aceitação e aplicação. Estas relações estão entrelaçadas em um sistema que se configura a partir da interdependência entre os diversos níveis, aplicações e disciplinas envolvidas nos processos de projeto, que têm correlação com a rede de indivíduos envolvidos. Tais relações constroem uma estrutura em rede da organização das interações entre agentes e processos.

Nas últimas duas décadas, diversos autores têm evidenciado a crescente atenção que a Análise de Redes Sociais (ARS) – *Social Network Analysis* (SNA) – atraiu no âmbito da indústria da construção, sendo considerada, nesse meio, uma abordagem eficiente, mais qualitativa que quantitativa, para avaliar os relacionamentos formados entre atores envolvidos nestes processos, assumindo um protagonismo significativo como método de análise [12]–[15]. A ARS se apresenta como uma poderosa aliada no desafio de lidar com a complexidade das ligações existentes e necessárias em torno do ecossistema BIM, pelo fato de possibilitar uma análise de dados relacionais que permite a captação de diversos fenômenos [16].

Utilizando-se o método de revisão narrativa, realizou-se uma ampla pesquisa bibliográfica a partir de palavras-chave e expressões nos principais livros, periódicos, anais de eventos e bases de dados científicas nacionais e internacionais – *Google Scholar*, Portal de Periódicos da CAPES, *ResearchGate*, *ScienceDirect* e *SciELO*. As expressões, compostas por palavras-chave utilizadas foram: “*BIM and SNA*”, “*Building Information Modeling and Social Network Analysis*”, “*BIM and Graph Theory*” e “*BIM and Network Analysis*”. Procurou-se reunir trabalhos que propuseram a aplicação do método de ARS nos mais diversos processos, dimensões e níveis do BIM. A revisão narrativa é um método apropriado para descrever e discutir o desenvolvimento ou o estado da arte de um determinado assunto, sob o ponto de vista teórico ou contextual, possibilitando a aquisição e atualização de conhecimento sobre um determinado tema a partir de uma síntese qualitativa [17], [18]. Este trabalho buscou entender o estado da arte da aplicação da ARS ao BIM no âmbito da AECO.

2. ARS: Histórico, Definição e Método

Embora os estudos sobre as redes organizacionais e redes complexas sejam mais recentes – século XX e XXI – atribui-se, de forma geral, à teoria dos grafos, criada pelo matemático Leonard Euler em 1741, o mérito de ter sido o primeiro avanço em direção a essa abordagem, com a introdução matemática da ciência de redes [19]. Nas últimas duas décadas, testemunhou-se o rápido crescimento de pesquisas com ARS aplicadas em pesquisas de gerenciamento de projetos de construção. Além disso, o rápido desenvolvimento de ferramentas de suporte à ARS - UCINET, PAJEK e *Gephi* - promoveu sua aplicação como método-chave para projetos de pesquisa híbridas, permitindo e facilitando o entendimento de tópicos relevantes em pesquisas de gestão, tais como transferência de conhecimento, mobilização de recursos e construção de consensos [14].

Em matemática, ciências da computação e da informação, a análise de nós e conexões é conhecida como teoria dos grafos. As terminologias da teoria dos grafos foram adotadas e adaptadas à de redes sociais. Nestas, as propriedades estruturais e a interconexão entre as redes também fornecem uma ferramenta útil que justifica a difusão e seus respectivos impactos, a partir do fluxo e disseminação de informações. De forma análoga às redes matemáticas, uma rede social pode ser definida como um conjunto de pessoas – nós - e interações entre atores – conexões [1], [2]. A ARS fornece uma maneira precisa de definir conceitos sociais importantes, uma alternativa teórica à suposição de atores sociais independentes e uma estrutura para testar teorias sobre relacionamentos sociais estruturados [20]. Dentre os principais parâmetros de análise da ARS, que podem estar relacionados aos nós ou à rede em si, destacam-se: centralidade, proximidade, caminho, densidade e agrupamento. A articulação destes diferentes elementos e perspectivas de análise permite uma compreensão ampliada da complexidade de

relações, possibilidades, potenciais emergentes e obtenção de diagnósticos mais precisos para otimização dos processos.

3. BIM e ARS

Entende-se o BIM como uma representação digital compartilhada baseada em padrões abertos de interoperabilidade, o que o leva a ser considerado como uma mudança de paradigma. Assim, diferentemente do CADD - *Computer Aided Design and Drafting* – cujo fim principal é a automação dos aspectos da produção do desenho tradicional, o BIM fornece uma base poderosa para interface entre aplicações de análise, simulação e custos em todas as escalas e fases do empreendimento [3], [7]. Recentemente, a abordagem da ARS tem recebido atenção no campo de engenharia e construção, onde conceitos como confiança e comunicação entre os participantes do projeto estão sendo cada vez mais valorizados e discutidos [21]. Em razão da sua extrema complexidade, os processos de projeto no âmbito da AECO demandam a circulação de grandes quantidades de dados entre os atores envolvidos. Estes processos só são, portanto, viabilizados, pela existência de comunicação e colaboração multidisciplinares [5].

As metodologias de rede permitem analisar dados relacionais que levam à identificação de diversos fenômenos, podendo, assim, subsidiar diagnósticos e ajudar na compreensão das estruturas de relações existentes. A proposta de utilização da ARS procura capturar o efeito das ligações entre os atores na adoção do BIM, na comunicação e no fluxo das informações. Por outro lado, busca também avaliar o efeito da adoção do BIM na dinâmica da interação, a partir da análise dos papéis dos atores e seus relacionamentos emergentes, tomando como base levantamentos referentes a: entrega de dados, interoperabilidade, precisão da informação, oportunidade de resposta, funções ou disciplinas e riqueza de dados. Assim, a integração realizada pela ARS reflete com precisão a complexidade dos relacionamentos com as partes interessadas, evidente nos projetos de construção [11].

A ARS propõe um método para resolver problemas analíticos não padronizados, sendo, portanto, diferente dos normalmente encontrados nas ciências sociais e comportamentais por estar explicitamente interessada na inter-relação de unidades sociais. Pode então, ser utilizada para elencar os principais atores – *stakeholders* - envolvidos nas equipes de projetos e mensurar a contribuição realizada por cada um deles, e ou entre eles, a partir de diferentes métricas [20],[11].

Com o uso cada vez mais frequente na indústria da construção, a ARS tem sido útil para examinar como a comunicação e as interações ocorrem dentro das equipes de projeto, como a segurança e resiliência estão relacionadas nos projetos de construção, como as configurações contratuais são formadas nos projetos e seus impactos no fluxo de informações e como as coalizões da indústria são formadas. Outro tipo de aplicação da ARS permite identificar o quão ativos ou comprometidos estão os indivíduos no desempenho de suas funções para implementação de ferramentas e processos BIM nos seus respectivos projetos e fluxos de trabalho. A aplicação do método de ARS junto à implementação, uso e otimização dos processos da metodologia BIM ainda é uma prática recente no meio científico, porém, já utilizada em diferentes abordagens e contextos ao redor do mundo. Como método de seleção dos artigos, realizou-se uma triagem, considerando os artigos que atenderam aos seguintes critérios simultaneamente:

- O artigo deve abordar a aplicação da ARS – ou outras variações de Análise de Redes - ao BIM, como metodologia principal ou parte da sua metodologia;
- O artigo deve conter o termo “BIM” dentre as palavras-chave, acompanhado de um ou mais dentre os seguintes outros termos: “SNA”, “*Social Network*” ou “*Network Analysis*”.

Foram então selecionados nove (9) trabalhos científicos com base nos critérios anteriores, publicados entre 2013 e 2018. A partir do método de revisão narrativa, foi realizada a explanação e interpretação desses artigos, como um caminho para entender o estado da arte das diferentes possibilidades de uso da ARS aplicada ao BIM. Buscando estruturar essas diferentes possibilidades, foi proposta uma classificação dos artigos selecionados, com base na Tabela de Competências (*Competency Tables*) [22] proposta pelo *BIMe Initiative*, a partir dos Tópicos de Competência (*Competency Topics*), sendo eles:

- Gerenciamento de Risco – *Risk Management*;
- Fundamentos de Implementação – *Implementation Fundamentals*;
- Modelagem Geral – *General Modelling*;
- Finanças, Contabilidade e Orçamento – *Finance, Accounting and Budgeting*;
- Gerenciamento de Qualidade – *Quality Management*;
- Projeto e Concepção – *Planning and Designing*;
- Operação e Manutenção – *Operating and Maintaining*.

A classificação dos artigos com base nas competências supracitadas foi definida de acordo com a correlação direta do tema de interesse da aplicação da ARS relacionado ao BIM com a descrição das competências apresentadas na Tabela de Competências [22].

3.1. Gerenciamento de Risco

Embora o BIM seja considerado altamente benéfico para o gerenciamento de projetos de construção, das fases de iniciação à conclusão, a percepção entre os profissionais é bastante diversificada [23]. A afirmação anterior poderia refletir a realidade de diversos países ou regiões no contexto atual de implementação e difusão do BIM no mundo. No primeiro dentre os trabalhos analisados, Doloi *et al.* [23] se referem à realidade da adoção do BIM na Austrália, principalmente por empreiteiros em 2º e 3º níveis de subcontratação. Neste trabalho, utilizou-se a ARS para investigar as influências e interações entre os *stakeholders* com os riscos de implementação do BIM em projetos de construção. Baseando-se numa revisão prévia da literatura, foram definidos 10 fatores determinantes (atores) e 13 riscos envolvidos na adoção do BIM (eventos), obtendo-se uma matriz 10x13 de rede afiliada, cujo nível de relação foi definido a partir de uma escala *Likert*. Dentre os fatores determinantes considerados, concluiu-se que o gerenciamento eficiente de contratos, compras e a redução de retrabalho são os mais positivamente afetados pela implementação do BIM. Dentre os riscos considerados, aqueles que foram identificados como os maiores foram: dificuldades na transição do fluxo de trabalho, dificuldade no gerenciamento de modelos, experiência insuficiente em projetos e a falta de padronizações. A partir dos valores de centralidade nas redes analisadas, foi possível identificar os principais *stakeholders* envolvidos na implementação BIM e qual a influência que eles exerciam sobre os demais, contribuindo para a concepção de estratégias apropriadas para gerenciar as forças motrizes e otimizar oportunidades de projeto [23].

3.2. Fundamentos de Implementação

Neste trabalho, os autores propuseram uma estrutura conceitual para aplicação da ARS ao BIM buscando analisar os processos de projeto e sua variabilidade como consequência da implementação do BIM. A estrutura conceitual analítica propôs o uso de variáveis como: entrega de dados, interoperabilidade, precisão da informação, oportunidade de resposta, funções ou disciplinas e riqueza de dados. A estrutura proposta evidenciou a forma pela qual um ponto de vista exclusivo pode ser desenvolvido para analisar o fluxo de trabalho das informações entre as partes interessadas participantes. Este processo facilita a análise qualitativa e quantitativa, quando se compara os projetos em BIM às abordagens tradicionais, tornando possível o exame do ciclo de vida do projeto, a partir da adaptação do modelo para se adequar a sistemas interdependentes complexos identificados com mudanças contínuas [11].

3.3. Modelagem Geral e Finanças, Contabilidade e Orçamento

Em um estudo na Grécia, aplicou-se o método de ARS para examinar as redes de comunicação interorganizacionais em relação a dois tipos de troca de informações: desenvolvimento do projeto e gerenciamento de custos. Nesta abordagem, Badi e Diamantidou [8] realizaram a ARS entre dois projetos distintos, porém com características semelhantes, um deles realizado em BIM e outro não. Foram elencados ao todo 58 atores envolvidos em ambos os projetos. Os resultados obtidos reafirmaram a atuação positiva das ferramentas e métodos BIM na comunicação interorganizacional, demonstrando, neste caso, a existência de uma maior densidade comunicacional, vínculos mais fortes e caminhos mais curtos para a obtenção de informações [8].

3.4. Gerenciamento de Qualidade

Os processos de projeto cada vez mais complexos e o avanço das ferramentas de software permitem uma rápida proliferação de informações e geração de dados. Um fluxo de projeto ineficiente, pode resultar em desperdícios, retrabalhos, revisões, erros, baixa qualidade, excesso de custos, atrasos e baixo valor agregado ao produto final [24]. Com esse fato, Al Hattab e Hamzeh [24], realizaram um estudo com objetivo de examinar o efeito da adoção do BIM no fluxo de trabalho de projeto e entender como as estruturas de comunicação de membros e equipes podem moldar e influenciar os fluxos de trabalho, considerando simultaneamente os mecanismos de interação social e a dinâmica do fluxo de informações. A partir do estudo de caso de um subprojeto de aeroporto ainda em fase de construção, os autores utilizaram diferentes métricas da ARS para caracterizar os impactos das interações humanas com a aplicação de questionários aos membros de várias equipes de projetos e imersão no cotidiano de trabalho das equipes. Dentre as principais conclusões obtidas, constatou-se que o uso do BIM não resulta explicitamente na melhoria e qualidade do projeto ou na redução de resíduos, e o seu sucesso está diretamente ligado à maneira pelas quais o BIM é incorporado, uma vez que deixar de formar um ambiente colaborativo e integrado torna o BIM uma mera ferramenta de desenho 3D, o que não melhora necessariamente o processo de projeto. Sendo assim, é necessária uma mudança nas mentalidades tradicionais e na colaboração para colher os benefícios do uso do BIM [24].

Al Hattab e Hamzeh [25] utilizaram a ARS com o objetivo de entender o processo de gerenciamento de erros, a partir de um comparativo entre ambientes com e sem o uso do BIM e *Lean Construction*. O método propôs uma estrutura desenvolvida hipoteticamente a partir da representação de projetos genéricos, o que buscou sugerir várias etapas para gerenciar melhor

os erros de projeto a partir de duas etapas distintas: mapeamento de redes para cada ambiente e a simulação dos erros de projeto em cada rede a partir da utilização dos softwares *Gephi* e *NetLogo*, para cada etapa respectivamente. Os resultados obtidos mostraram que uma rede BIM/*Lean* é mais eficaz na redução e contenção de erros. Outros fatores identificados como prováveis responsáveis pela redução de erros incluíram: o emprego de vários mecanismos de defesa, como comunicação contínua e em tempo real, detecção de conflitos e verificação automática de regras - *Code Checking*.

3.5. Concepção e Projeto

Na Bélgica, Denis *et al.* [26] propuseram uma correlação direta entre *DfD*, ARS e BIM, inicialmente baseada na representação gráfica das relações entre os domínios funcionais, técnicos e físicos de uma edificação com uma representação clássica de rede social, propondo a análise da viabilidade para a criação de uma rede de componentes para edificações. De acordo com os autores, os sistemas atuais de ARS permitem armazenar, comentar e gerenciar uma grande quantidade de dados, assim como a indústria da construção tem feito a partir do uso do BIM, apoiando o gerenciamento de informações e processamento de dados construtivos. Como conclusão, foram apresentados três fatores-chave a serem melhor desenvolvidos para permitir a aplicação do método proposto de forma ampliada e assertiva, quais sejam: primeiro, construções são hierarquizadas em diferentes níveis, tais como: nível de construção, montagem de elementos e ou sistemas, enquanto redes sociais consistem na relação entre nós que possuem as mesmas características; segundo, as relações sociais interpessoais mudam numa velocidade muito maior do que as edificações, que geralmente se alteram em fases pré-definidas como: construção, reformas ou demolição; terceiro, faz-se necessária a inserção de outras métricas da *DfD* na investigação.

A partir da ARS e do *DfD*, outro trabalho propôs o método de Análise de Redes para Desmontagem – *Disassembly Network Analysis* (DNA) – buscando quantificar o impacto do *DfD* e vinculá-lo a melhorias específicas no projeto [27]. O método DNA se utilizou dos conceitos de ARS e BIM para o fornecimento de informações sobre fluxo de materiais recuperados e perdidos, e também no tempo para desmontagem. Foram definidos diversos parâmetros de análise tais como: acessibilidade, transportabilidade, reversibilidade de conexão, tempo de desmontagem, dependência sequencial, entre outros, a serem verificados a partir de um fluxograma metodológico dividido em quatro (04) etapas distintas: checagem rápida, estabelecimento de caminhos potenciais, quantificando o efeito das conexões e processo de informação e feedback. Como conclusão, os autores propuseram a continuidade da pesquisa visando a implementação do método em uma ferramenta de software usando dados do BIM, fornecendo ao usuário informações detalhadas com uma quantidade menor de carga de trabalho [27].

Uma pesquisa realizada na China por Zhang *et al.* [15], utilizando ARS, propôs um modelo cognitivo para a relação social entre a equipe de projetos e construção do edifício *Shanghai Center*, iniciado em 2008. Buscando seguir os conceitos do desenvolvimento sustentável em todo o seu ciclo de vida de construção e alcançar alta eficiência no consumo de material, o uso do BIM foi amplo e essencial para garantir alcançar esses objetivos com sucesso neste empreendimento. A partir de um questionário entre os atores envolvidos foi realizada a análise dos indicadores cognitivos pelo método de ARS. Com base na rede social formada entre os envolvidos no projeto, aspectos como relações sociais, densidade, centralidade e coesão foram exploradas para encontrar atores cruciais como o Gerente BIM (*BIM Manager*) do contratante,

Engenheiro BIM do contratado e Projetista BIM (*BIM Designer*). A pesquisa enfatizou a centralidade no papel do Gerente BIM, que evidenciou o maior fluxo de informações bidirecional com a maior parte dos demais nós presentes na rede analisada. Os autores concluíram que diferentes agentes possuem níveis de cognição significativamente distintos na avaliação de prioridades e satisfação. Destacou-se também a importância na proposição de diretrizes a serem estabelecidas no nível da estratégia nacional para a disseminação e adoção do BIM [15].

3.6. Operação e Manutenção

Embora sejam necessárias ações contratuais e gerenciais para controlar a inovação digital - e o BIM - existem poucas evidências do impacto gerado pela combinação entre o Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos – *Supply Chain Management* (SCM) - e o BIM [28]. Esta realidade resulta num amplo espaço a ser explorado no trabalho interorganizacional com o BIM, e particularmente da perspectiva do SCM. Na Holanda, buscando explorar esta questão, Papadonikolaki *et al.* [28] se basearam na representação de redes de construção interorganizacionais a partir da ARS, usando-a como uma linguagem analítica para explorar o impacto interorganizacional da combinação de filosofias gerenciais integradas com tecnologias. Foram analisadas as relações digitais em duas parcerias da Cadeira de Suprimentos – *SC Partnership* – termo usado para descrever uma rede de várias parcerias diádicas que se estendem por várias camadas. Nesse sentido, dois projetos na Holanda foram utilizados como estudo de caso de parcerias da Cadeira de Suprimentos com o BIM a partir das relações formais e informais entre os atores. Eles foram escolhidos devido às suas diferentes estratégias e tipos de contratos de SC, a partir de contratos sofisticados de SC e contratos diádicos simples, respectivamente. Por outro lado, em ambos os casos, a implementação do BIM encontrava-se bastante avançada, já havendo implantado, entre outros, a colaboração em um Ambiente Comum de Dados – *Common Data Environment* (CDE). Concluiu-se que um caminho promissor para integrar ainda mais o design e a construção e difundir as práticas de BIM e a filosofia de SCM seria uma combinação de conhecimento e entusiasmo pelo BIM, capaz de difundir o conhecimento sobre o tema em toda a cadeia da construção [28].

4. Considerações Finais

Esta pesquisa propôs reunir alguns dos trabalhos mais relevantes sobre a aplicação da ARS na implementação, uso e otimização dos processos do BIM, de forma a trazer subsídios para estudos que possam contribuir na sua difusão, adoção e implantação. Notou-se, portanto, um vasto campo de aplicações que podem ser replicadas e aprimoradas, demonstrando o potencial dos métodos ARS para a compreensão do ecossistema BIM. Esses métodos viabilizam análises em ambientes complexos, identificando e caracterizando as interações. Conseguem, portanto, mapear as dinâmicas sociais entre os diversos atores presentes nas etapas de projeto, construção e operação dos edifícios, permitindo o gerenciamento otimizado tanto dos processos como das pessoas envolvidas. Por ser uma poderosa ferramenta analítica, a ARS contribui, ainda, para elencar fatores contraproducentes e lacunas processuais a serem resolvidas na interface de aplicação do BIM nos mais diversos setores da AECO. Esse levantamento contribui, portanto, para o entendimento sobre o estado da arte da utilização da ARS aplicada ao BIM e representa parte da pesquisa dos autores, que propõe a utilização do método da ARS para o mapeamento

das redes de profissionais de arquitetura e engenharia numa determinada região limítrofe, avaliando, nesse processo, o nível de maturidade BIM dentre esses profissionais e como cada um deles contribui ou dificulta o processo de adoção nos seus respectivos grupos ou subgrupos dentro do setor, a partir da utilização das várias métricas da ARS.

Referências

- [1] F. Harary, *Graph Theory*. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley Company, 1969.
- [2] N. G. Koçak, “Social Networks and Social Network Analysis”, *Soc. Netw. Anal. An Introd. with an Extensive Implement. to a Large-Scale Online Netw. Using Pajek*, vol. 5, nº 2, p. 3–35, 2014.
- [3] C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, e K. Liston, *BIM Handbook: A Guide to Building*. John Wiley & Sons, Inc, 2008.
- [4] A. P. C. Chan, X. Ma, W. Yi, X. Zhou, e F. Xiong, “Critical review of studies on building information modeling (BIM) in project management”, *Front. Eng. Manag.*, vol. 05, nº 3, p. 394–406, 2018.
- [5] V. Singh, N. Gu, e X. Wang, “A theoretical framework of a BIM-based multi-disciplinary collaboration platform”, *Autom. Constr.*, vol. 20, nº 2, p. 134–144, 2011.
- [6] P. Smith, “BIM & the 5D Project Cost Manager”, *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 119, p. 475–484, 2014.
- [7] NIBS, “National Building Information Modeling Standard”, 2007. [Online]. Available at: <http://medcontent.metapress.com/index/A65RM03P4874243N.pdf>. [Acessado: 22-out-2019].
- [8] S. Badi e D. Diamantidou, “A social network perspective of building information modelling in Greek construction projects”, *Archit. Eng. Des. Manag.*, vol. 13, nº 6, p. 406–422, 2017.
- [9] & K. L. Ning Gu, Vishal Singh, “BIM Ecosystem: The Coevolution of Products , Processes , and People”, in *Building Information Modeling: BIM in Current and Future Practice*, nº 1, K. M. Kensek e D. Noble, Orgs. John Wiley & Sons, Inc., 2014, p. 197–210.
- [10] X. Zheng, Y. Lu, Y. Li, Y. Le, e J. Xiao, “Quantifying and visualizing value exchanges in building information modeling (BIM) projects”, *Autom. Constr.*, vol. 99, nº November 2018, p. 91–108, 2019.
- [11] F. Gardounis, H. Y. Chong, e X. Wang, “A conceptual framework for Social Network Analysis of Building Information Modelling in construction projects”, *Int. Conf. Res. Innov. Inf. Syst. ICRIS*, 2017.
- [12] C. Hirschi, “Introduction: Applications of social network analysis”, *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 4, p. 2–3, 2010.
- [13] V. Á. O. Alejandro e A. G. Norman, *Manual introductorio al análisis de redes sociales: Medidas de centralidad*, nº July. 2005.
- [14] X. Zheng, Y. Le, A. P. C. Chan, Y. Hu, e Y. Li, “Review of the application of social network analysis (SNA) in construction project management research”, *Int. J. Proj. Manag.*, vol. 34, nº 7, p. 1214–1225, 2016.
- [15] L. Zhang, H. Liu, e G. Wang, “Social relation cognitive model on virtual prototyping technology in construction project”, *Int. J. Online Eng.*, vol. 9, nº 3, p. 98–102, 2013.

- [16] R. M. Marteleto e A. B. de O. e Silva, “Redes e capital social: o enfoque da informação para o desenvolvimento local”, *Ciência da Informação*, vol. 33, nº 3, p. 41–49, 2004.
- [17] E. T. Rother, “Revisão Sistemática x Revisão Narrativa”, *Acta Paul. Enferm.*, vol. 20, nº 2, 2007.
- [18] UNESP, “Tipos de revisão de literatura”, *Faculdade de Ciências Agronomicas UNESP Campus de Botucatu*. p. 9, 2015.
- [19] C. Perez e R. Germon, *Graph Creation and Analysis for Linking Actors: Application to Social Data*. Elsevier Inc., 2016.
- [20] S. Wasserman e K. Faust, *Social Network Analysis Methods and Applications*. Cambridge University Press, 1994.
- [21] P. Chinowsky, J. Diekmann, e V. Galotti, “Social network model of construction”, *J. Constr. Eng. Manag.*, vol. 134, nº 10, p. 804–812, 2008.
- [22] B. Succar, “BIMe Initiative—201 in BIM Competency Table”, 2017.
- [23] H. Doloi, K. Varghese, e B. Raphael, “Drivers and impediments of building information modelling from a social network perspective”, *32nd Int. Symp. Autom. Robot. Constr. Min. Connect. to Futur. Proc.*, 2015.
- [24] M. Al Hattab e F. Hamzeh, “Simulating the dynamics of social agents and information flows in BIM-based design”, *Autom. Constr.*, vol. 92, nº March 2018, p. 1–22, 2018.
- [25] M. Al Hattab e F. Hamzeh, “Using social network theory and simulation to compare traditional versus BIM-lean practice for design error management”, *Autom. Constr.*, vol. 52, p. 59–69, 2015.
- [26] F. Denis, N. De Temmerman, e Y. Rammer, “The potential of graph theories to assess buildings’ disassembly and components’ reuse : How building information modelling (BIM) and social network analysis (SNA) metrics might help Design for Disassembly (DfD)? Are buildings networks ?”, nº June, p. 123–128, 2017.
- [27] F. Denis, C. Vandervaeren, e N. De Temmerman, “Using network analysis and BIM to quantify the impact of Design for Disassembly”, *Buildings*, vol. 8, nº 8, p. 1–22, 2018.
- [28] E. Papadonikolaki, A. Verbraeck, e H. Wamelink, “Formal and informal relations within BIM-enabled supply chain partnerships”, *Constr. Manag. Econ.*, vol. 35, nº 8–9, p. 531–552, 2017.