

**Cómo citar este artículo:**

Kotaira, K. (2020). Avaliação de construtibilidade em Projetos BIM no Brasil. *Project, Design and Management*, 2(2), 7-22. doi: 10.29314/pdm.v2i1.446

## **AValiação DE CONSTRUTIBILIDADE EM PROJETOS BIM NO BRASIL**

**Keila Kotaira**

Universidad Internacional Iberoamericana (México)

[kotaira@gmail.com](mailto:kotaira@gmail.com)

**Resumo.** Esta pesquisa foi derivada de uma parte do embasamento teórico da tese de mestrado do autor, desenvolvido junto ao Programa de Maestría en Diseño, Gestión y Dirección de Proyectos, na Universidad Internacional Iberoamericana, UNINI México (UNINI-MX). O autor possui experiência em projetos do setor da construção, sua compatibilização e ensino de softwares específicos utilizados neste segmento, e foi motivado por observação do contexto na prática, e constrangimento pessoal. Nos demais países é realidade, e não novidade, a aprovação da pontuação dos projetos de edifícios, com relação aos seus critérios de construtibilidade, antes de se proceder a sua consecução. É notável também que projetos resultantes de modelagem de informações da construção (projetos BIM), dentre outros avanços tecno-metodológicos entrantes de forma exponencialmente crescente na velocidade de ocorrência, qualidade e quantidade de colaborações, cada vez mais, exigem mudanças de paradigmas na construção civil, mas facilitam a extração de dados que podem ser avaliados, com relação à sua edificabilidade, de forma automatizada. A finalidade do BIM não deveria ser somente a automatização de entregáveis gráfico-textuais. Este trabalho buscou conceituar, embasado em literatura e experiências, como e quando realizar a extração de informações de projetos BIM buscando a automatização da Avaliação de Construtibilidade de Edifícios.

**Palavras-chave:** Construtibilidade, avaliação de construtibilidade, edificabilidade BIM, gestão de Projetos.

## **CONSTRUCTIBILITY ASSESSMENT IN BIM PROJECTS IN BRAZIL**

**Abstract.** This research was derived from a portion of author's work developed in the theoretical basis of the author's master's degree thesis, carried out with the program Maestría en Diseño, Gestión y Dirección de Proyectos, at the Universidad Internacional Iberoamericana, UNINI Mexico (UNINI-MX). The author has experience in construction sector projects, their multi-disciplinary compatibility and teaching of specific software used in this segment, and was motivated by observation of the context in practice, and personal embarrassment. In other countries than Brazil it is a reality, rather than a novelty, that building design scores are approved in line with their constructibility criteria made prior to the subsequent execution. It is also noteworthy that projects resulting from Building Information Modeling (BIM projects), among other exponentially augmenting techno-methodological advances in the speed of occurrence, quality and quantity of collaborations, increasingly require paradigms changes in civil construction, but make it easier to extract data that can be evaluated for buildability in an automated way. The purpose of BIM should not

only be to automate graphical textual deliverables. This work sought to conceptualize, based on literature and experiences. How and when to perform information extraction from BIM projects, seeking the automation process of Building Constructability Assessments.

**Keywords:** Constructability, constructability assessment, buildability BIM, project management.

## EVALUACIÓN DE CONSTRUCTIVIDAD EN PROYECTOS BIM EN BRASIL

**Resumen.** Esta investigación se derivó de una parte de la base teórica de la tesis de maestría del autor, desarrollada en conjunto con el Programa de Maestría en Diseño, Gestión y Gestión de Proyectos, en la Universidad Internacional Iberoamericana, UNINI-México (UNINI-MX). El autor tiene experiencia en proyectos en el sector de la construcción, su compatibilidad y enseñanza del software específico utilizado en este segmento, y se motivó al observar el contexto en la práctica y la vergüenza personal. En otros países, es una realidad, y no una novedad, aprobar los puntajes de los proyectos de construcción, en relación con sus criterios de construcción, antes de proceder a su logro. También es digno de mención que los proyectos que resultan del modelado de la información de construcción (proyectos BIM), entre otros avances tecnometodológicos entrantes de manera exponencialmente creciente en la velocidad de ocurrencia, calidad y cantidad de colaboraciones, exigen cada vez más cambios en los paradigmas en la construcción civil, pero facilitan la extracción de datos que pueden evaluarse, en relación con su capacidad de construcción, de forma automatizada. El propósito de BIM no debe ser solo la automatización de los resultados gráficos-textuales. Este trabajo buscó conceptualizar, con base en la literatura y las experiencias, cómo y cuándo extraer información de proyectos BIM que buscan automatizar la Evaluación de la Constructibilidad del Edificio.

**Palabras clave:** Constructibilidad, evaluación de constructibilidad, edificabilidad BIM, gestión de proyectos.

### Introdução

Projetos resultantes de Building Information Modeling (BIM), dentre outros avanços tecno-metodológicos entrantes, exigem mudanças de paradigmas na construção civil. O estudo se propôs pesquisar não meramente os entregáveis BIM sob a ótica Delivery Based, embasado em entregáveis, comumente apregoada por diversas frentes de estudo recentes, mas sim o estudo pela finalidade única da adoção de melhor solução de construção a ser alcançada através da prévia avaliação de construtibilidade realizada antes de sua posterior execução. Problemas consequentes da baixa construtibilidade envolvem graves prejuízos financeiros e atrasos em cronogramas de quase todas obras. Algumas sequer são concluídas. Esta pesquisa buscou verificar como aplicar os conceitos de construtibilidade para a eficiência de edificações, em projetos BIM, para que se concretize uma melhor gestão de projetos e consecução otimizada das construções de edifícios.

## Contextualização do Cenário Brasileiro

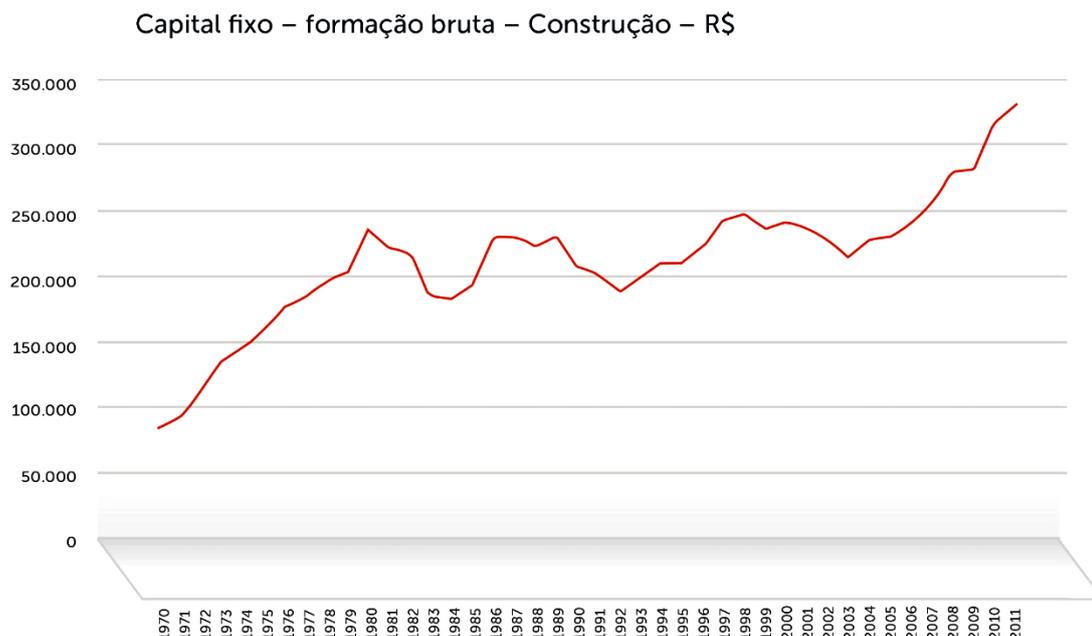


Figura 1. Capital fixo de formação bruta da construção no Brasil, em Reais (R\$).

Nota: Fonte: IBGE (2019) [website] (<https://metadados.ibge.gov.br/consulta/estatisticas/operacoes-estatisticas/>, recuperado em 01 de julho, 2019).

A Figura 1 resume o contexto histórico da população de amostra. Em meio século, a economia brasileira vivenciou inúmeras transformações:

Anos 1970: governos militares e investimentos estatais.

Anos 1980: crise macroeconômica, retração de oferta de capital de infraestrutura e moradias, aceleração da inflação, e falência BNH.

De 1990 aos 2000: Plano Real, em 1994, estabeleceu condições necessárias à expansão sustentada da economia. Retomada de investimentos com o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). Programa Minha Casa, Minha Vida (MCMV), em 2009, com ampliação da concessão do crédito imobiliário para famílias de baixa renda. A formação de capital fixo em construção. Crescimento brasileiro, com expansão do emprego setorial. Mas, passa-se a desejar maior qualificação e produtividade.

Ressalta-se que, mundialmente, o setor da construção é considerado como gerador de trabalho de baixíssimo status social. Segundo, Abdul-Aziz (2001), na Malásia, “a juventude local prefere estar desempregada a trabalhar na indústria da construção, devido práticas trabalhistas arcaicas, trabalho ao ar livre e predomínio de trabalho temporário e casual”. Tanto em países ricos como nos pobres, as pessoas trabalham na construção civil em caso de necessidade e não de escolha, e deixam o setor na primeira oportunidade. Como agravante maior há o envelhecimento populacional e desaparecimento de empregos na construção durante recessões econômicas e a dificuldade em recuperá-los quando há a reversão do cenário, pois a mão de obra da construção civil é mais rapidamente reabsorvida pelos outros demais setores que tendem a se recuperar muito mais rapidamente. Segundo Neri (2014), em trabalho conduzido pela FGV em parceria com o Instituto Votorantim, “a Construção é o segundo setor com menor participação na educação profissional, perdendo apenas para a Agricultura, no Brasil”.

## Metodologia

O contexto de análise foi delimitado à aplicação dos critérios de construtibilidade para a avaliação de projetos BIM de edifícios. Embasado em bibliografia relacionada direta ou indiretamente ao tema, segundo suas versões originais, ou cópias disponíveis, em língua portuguesa e inglesa. Citações autorais de referências em inglês receberam do autor uma tradução livre. Apesar de não ser o objetivo deste trabalho, fica aberta a possibilidade futura de uma abordagem mais específica das demais variáveis da construtibilidade, BIM, demais tecnologias e metodologias entrantes, em toda sua magnitude. O foco desta obra direcionou-se a uma linha de pesquisa projetiva e prática, possibilitando a aplicação da avaliação de construtibilidade em BIM. Seguindo as diretrizes para a implementação da construtibilidade para equipes de projeto da Construction Industry Institute (CII, 2012), esta assegura que, em média, gera-se uma economia no total de 4,3% nos custos da construção e redução do prazo em 7,5%.

### *Conceitos e embasamento*

Em 1962, no Reino Unido, o Survey of Problems before the Construction Industries, popularizado como "Emmerson Report", foi indentificado como a primeira publicação a tratar do tema. Tratava-se de um relatório encomendado a Lord Emmerson, pelo governo inglês, motivado pela baixa produtividade, para investigar o estado da indústria da construção e propor melhorias no modo em que profissionais, construtoras e clientes se relacionavam. No documento foi descrito que “em nenhuma outra indústria a responsabilidade pelo projeto está tão distante da reponsabilidade pela produção”, segundo Emmerson (1962) apud Moore (1996a, p. 56). A Design Buildings Wiki inglesa (DBW, 2016) afirma que o "Emmerson Report" motivou a identificação dos problemas decorrentes da separação do projeto de sua execução, e instigou a encomenda de outros relatórios pelo governo, como o “Banwell Report”, de 1964, que visou a investigação do uso dos modelos contratuais padronizados. O “Banwell Report” concluiu que os modelos padronizados acabavam por criar “proteção e ocultação de informações”, segmentando a comunicação e prejudicando a produtividade. “Licitações por menor preço” foram criticadas por não levar outros parâmetros em consideração, mas a solicitação não foi aceita na época, segundo a DBW (2016).

Em 1979, a Construction Industry Research and Information Association, CIRIA, desenvolvia recomendações a empresas que operavam sob os contratos padrão ingleses e fez diversas entrevistas com os construtores, que se queixavam da “baixa construtibilidade” (“low buildability”) causada pela má relação e entendimento com os projetistas. Segundo Moore (1996b), a “baixa construtibilidade” era utilizada ao se falar do baixo retorno que clientes recebiam pelos valores investidos. A CIRIA (1983), apud Wong (2007, p. 25), criou a primeira definição do termo: “Construtibilidade é a magnitude na qual o projeto de um edifício favorece a facilidade de construção, subordinado aos requisitos gerais para o edifício concluído.” E reiterou também a relação entre construtibilidade e a fragmentação da indústria, apontada nos “Emmerson” e “Banwel Reports”. Segundo Moore (1996b, p. 4): “A obtenção de uma boa construtibilidade depende de que projetistas e construtores sejam capazes de ver todo o processo da construção com o olhar do outro”. Nascia a definição da construtibilidade como a facilidade de se construir, e a sua dependência de integração de ideias das diferentes partes envolvidas em uma construção. Lam, Wong e Chan (2006) e WS Atkins (1994), fazem uma aproximação das terminologias considerando que a "buildability", por vezes traduzida em Portugal como "edificabilidade", se traduz em preocupação com a

concepção do projeto, enquanto que "construtibilidade", a "constructability" americana, se traduz em preocupação com todas as fases do projeto. Segundo Wong (2007), mesmo com suas diferenças de enfoque e desenvolvimento, "buildability" e "constructability" são tratadas na literatura como duas visões do mesmo conceito. Pesquisas dos dois termos são comparadas entre si, havendo casos em que a diferença de terminologia sequer resulta em diferença de ideias. Na Austrália, por exemplo, "constructability" é utilizado para ambas vertentes, segundo Francis (1999). No Brasil, "construtibilidade" é o único termo utilizado, cabendo a cada publicação definir o seu significado.

A década de 1960 foi a era da ruptura com os antigos valores, e a criação de novos movimentos musicais, artísticos e construtivos, segundo Reis, P. R. (2006). A arquitetura deste período, repleta de projetos arrojados no Brasil e no mundo, foi usada como instrumento de manifestação política, social e cultural. Não só os conceitos de construtibilidade, como também o BIM teve o seu início neste conturbado período. Em 1974, Charles M. Eastman e sua equipe do Instituto de Tecnologia da Georgia cria o Building Description System, BDS, Sistema de Descrição da Construção. Segundo Eastman et al. (1974), o BDS demonstrava que a descrição, em computador, de um edifício poderia replicar e melhorar os pontos fortes, da construção e operação, bem como eliminar as fraquezas do projeto. A ideia introduziu a migração do desenho feito na prancheta, para o realizado com a utilização de softwares do tipo CAD, Computer Aided Design, na década de 1980. Nas décadas seguintes se desenvolveram diversas ferramentas computacionais comerciais do tipo CAD. Em 1992, Van Nederveen e Tolman utilizaram pela primeira vez o termo "Building Information Modelling", em um artigo abordando as múltiplas visões de modelagem da construção, com a ideia de que a modelagem de informações da construção fundamentava a estrutura do modelo com os diferentes pontos de vista dos diversos participantes do projeto.

Segundo Bryde; Broquetas; e Volm (2013), o BIM recebeu maior destaque e evolução a partir dos anos 2000, seguido de pesquisas que popularizaram as suas vantagens, a melhor qualidade e menor risco de propagação de erros. O BIM conta com reconhecimento e adoção pela indústria de alguns países, porém em outros concentram-se esforços governamentais para promover maior uso e benefícios associados à tecnologia, como é o caso atual do Brasil. Building Information Modelling (BIM), segundo a National BIM Standard - United States (NBIMS-US, 2016), é uma "representação digital de características físicas e funcionais de uma instalação, servindo como um recurso de conhecimento compartilhado de suas informações e formando uma base confiável para decisões durante o ciclo de vida da construção". Constituindo-se não somente de uma maquete eletrônica tridimensional, a Modelagem de Informações da Construção torna possível controlar todas propriedades dos elementos construtivos, permitindo extração automática e instantânea de vistas (plantas, cortes, elevações, isométricos e perspectivas) e informações (tabelas e detalhamentos). Segundo a Autodesk Knowledge Network (AKN, 2019), a modelagem paramétrica, utilizada no BIM, refere-se à relação entre todos elementos do projeto permitindo a coordenação e gestão de alterações. Estas relações podem ser criadas tanto automaticamente pelo software quanto pelo usuário. As "dimensões" de entregas BIM, também conhecido como BIM multidimensional, ou nD BIM, considera, além do espaço tridimensional (3D), os fatores tempo (4D), custo (5D), e ciclo de vida da edificação (6D) como dimensões do modelo, segundo McPartland (2017). Avaliações de construtibilidade, automatizados com o BIM devem levar em consideração a abordagem gráfica da Figura 2, onde são expressas as etapas, o fluxo de trabalho de como as organizações executam seus processos na construção de edifícios.

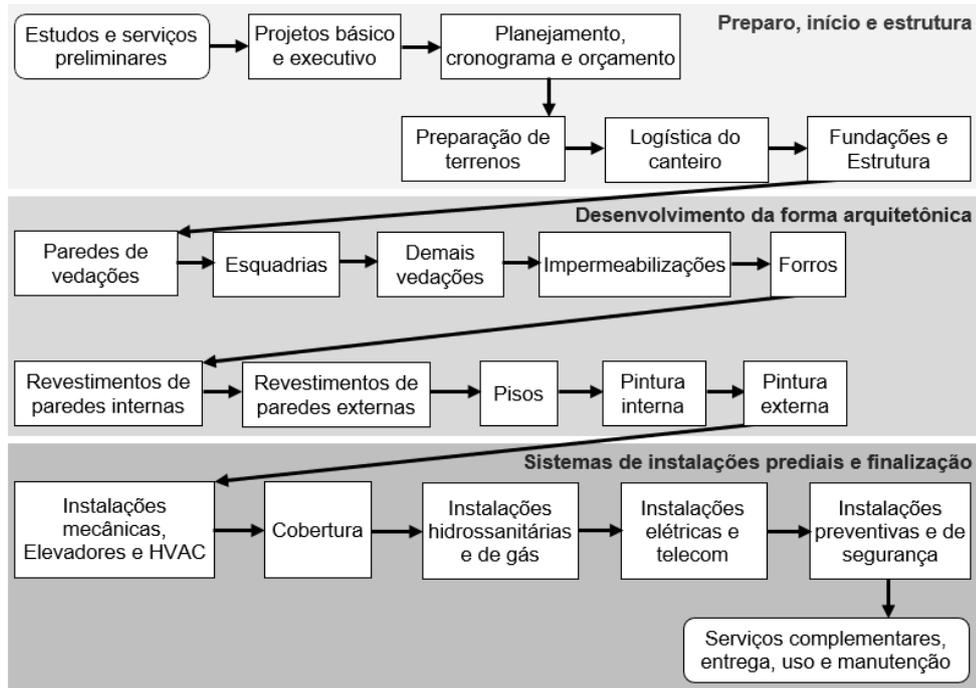


Figura 2. Fluxo de processos na construção civil de edifícios.

Nota: Fonte: do autor (2019), com base em experiência empírica e recomendações da CBIC, bem como manuais de softwares de gestão de WBS (*Work Breakdown Structure*).

### Desenvolvimento de Pesquisas Internacionais

A partir de preceitos de implementação de diretrizes de construtibilidade da CII, CIRIA e de pesquisadores internacionais, foram criadas quantificações da construtibilidade para maior auxílio aos projetistas. Segundo Moore (1996b), desde 1980, a abordagem da Avaliação da Construtibilidade foi bastante variada, sendo entendida como muito ampla para ser quantificada ou que tais métodos só poderiam ser úteis para alguns aspectos, sem a possibilidade de uma abordagem total. Segundo Lawson (2006), projetistas e arquitetos viam com aversão os primeiros métodos racionalizadores, como uma invasão à liberdade criativa, com a "padronização" e conseqüente "simplificação" do projeto. Este primeiro impulso baseado nas Diretrizes de Construtibilidade foi realizado com processos subjetivos, sem uma metodologia clara, e, portanto, não foi levado em consideração, embora a literatura ainda discorra das iniciais "Qualificações" tomadas indevidamente como tentativas prematuras de "Quantificações".

Com relação aos seus benefícios, há um volume significativo de publicações em todo o mundo, sob perspectivas diversas. Desde aquelas cuja análise se restringe ao projeto somente como também as que englobam todo o processo até a sua finalização e operação. Desde enfoques mais teóricos aos mais práticos. Apesar da diversidade de abordagens, diferentes autores possuem tendências que convergem para indicadores comuns. Por não haver, porém, uma relação direta entre as diferentes abordagens, não há uniformidade nem unanimidade, o que constituiu, em certa medida, em uma das maiores motivações iniciais de resistência à adoção dos critérios de construtibilidade. As tendências qualitativas dos principais efeitos da construtibilidade mais referenciados são as da CII (2012) americana, apud Wong (2007):

- 1) Redução do custo geral de projeto;

- 2) Redução de trabalho intensivo;
- 3) Aumento na velocidade de execução;
- 4) Melhor qualidade de execução;
- 5) Aumento da segurança no canteiro;
- 6) Diminuição do retrabalho;
- 7) Aumento na produtividade;
- 8) Menor ocorrência de problemas não previstos;
- 9) Melhor relacionamento de equipe;
- 10) Aumento na satisfação do cliente.

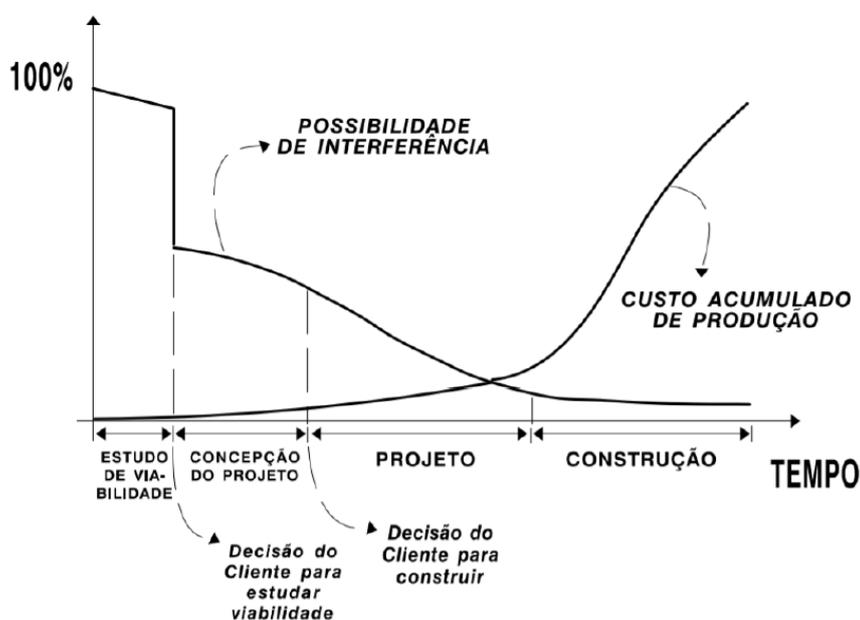


Figura 3. Relação entre custos de possibilidade de intervenção pelo de produção acumulada, através das fases de projeto de construção.

Nota: Fonte: Hammarlund e Josephson (1992), apud Melhado (1994).

Visando os efeitos da construtibilidade há, comumente, a abordagem com relação ao melhor momento em que a adoção dos critérios passa a influenciar o projeto. Impera o consenso de que melhores resultados serão obtidos quanto antes for a adoção, preferencialmente nas etapas de estudo, para que sejam realizadas adaptações, e não remediações mais difíceis, em custos e prazos. Há vários gráficos disponíveis, demonstrando a relação de Pareto (20% de esforços, gerando 80% de resultados), como as de Hammarlund e Josephson (1992) apud Melhado (1994), que pode ser observada na Figura 3.

### ***Pesquisas de Construtibilidade Brasileiras***

Há poucas pesquisas nacionais em comparação à produção internacional e, em quase sua totalidade se voltam ao conceito americano, mais estritamente os da CII, Construction Industry Institute, da década de 80. O pouco desenvolvimento da literatura nacional traduziu o conceito americano de “Constructability” da CII, sem nenhuma consideração, interpretação e adaptação, ao contexto brasileiro. O conceito americano

pressupõe o modelo de “Project Management” aplicado nos Estados Unidos com a figura central de seu “Project Manager” responsável, com pouca abertura a responsabilidades atribuídas às outras iniciativas de lideranças. Os modelos de contratação e de desenvolvimento de construções brasileiras são mais fragmentados e descentralizados, divergindo dos moldes americanos. Com relação ao fator humano de resistência à mudança, nota-se que a imposição das complexas definições traduzidas causa rejeição. O método deve servir ao contexto. Nunca o contrário. Além de se adequar ao meio, o método proposto de avaliação da construtibilidade deve ter como objetivo buscar abordagem pragmática, se adaptando-se ao contexto nacional, para intervir de modo simples, direto, efetivo e consistente através do tempo.

Em sua maioria, os trabalhos brasileiros abordam a Implementação da Construtibilidade, selecionando diretrizes de construtibilidade e propondo uma metodologia de implementação. O conceito de Avaliação da Construtibilidade aparece em alguns trabalhos brasileiros, propondo quantificar a qualificação, com poucas referências a trabalhos internacionais relevantes ocorridos a partir dos anos 2000, como aqueles sob a influência da adoção de soluções sustentáveis, e os disruptivos avanços metodológicos e tecnológicos. Heineck e Rodríguez (2003) proveram exemplos de definição e aplicação de Diretrizes de Construtibilidade no processo de projeto. Saffaro, Santos e Heineck (2004) repetem o formato, focando também nas decisões posteriores ao projeto. Já Rodrigues (2005) se concentrou no estudo de diretrizes para obras de caráter repetitivo e propôs um sistema de Avaliação da Construtibilidade através de um checklist em que itens podem ser pontuados como “sim”, “parcialmente”, “não”, ou “não se aplica”. Amancio (2010) prosseguiu o trabalho de Rodrigues, retoma as primeiras tentativas de quantificação com base na qualificação enfocando escritórios de arquitetura, e propôs o seu modelo onde “juízes” especialistas, avaliariam de forma subjetiva a adequação da obra.

No Brasil há um constante interesse em construtibilidade, porém os focos das pesquisas estiveram restritos só a alguns de seus aspectos. Os primeiros trabalhos eram mais voltados à implementação e os últimos mais voltados a tentativa de análise e quantificação, muitos deles, no entanto, se assemelhando às primeiras tentativas britânicas da CIRIA e às de O'Connor. Há, portanto, a necessidade premente de novos trabalhos, maior aprofundamento, e novas tentativas que favoreçam a Análise de Construtibilidade para cobrir a "gap" com relação aos novos critérios sustentáveis (exemplo: menos resíduos, melhor desempenho físico-financeiro), melhores metodologias (exemplo: BIM, blockchain), e avanços tecnológicos (exemplo: construção a seco, generative design), variáveis estas que tornam algumas pesquisas obsoletas no contexto internacional e mais abrangente.

## **Resultados e Discussões**

O conceito de construtibilidade, de acordo com o local, época e contexto, e segundo perspectivas e necessidades diferentes demonstrou enfoques diversos. No Reino Unido, ao ser concebido o conceito, pesquisadores com claro enfoque epistemológico, se voltaram aos esclarecimentos e às vantagens de sua implementação com imensurável ganho ao cenário internacional. Nos Estados Unidos e Austrália, o enfoque, mais pragmático, foi o de Implementação da Construtibilidade no processo de projeto englobando o conhecimento dos profissionais de campo para os profissionais no escritório, contando com grande mobilização ao redor do tema na indústria da construção

e suas práticas, com enaltecimento da responsabilidade de seu gerente de projeto. Modelos contratuais de Construction Management (Gestão da Construção) continuam sendo utilizados como garantia de interação entre profissionais de campo, projetistas e clientes, resultando em maior construtibilidade. Porém, foi evidenciado que somente projetistas adotaram as medidas de implementação de construtibilidade, sem grande participação da própria empresa e demais atuantes. As empresas que aplicaram a construtibilidade o fizeram de um modo mais simplificado que o pregado academicamente. Mesmo em contexto mais propício, a implementação se deu de modo parcial devido à forte resistência a mudanças com relação à necessidade de interações e operações diferentes.

O Brasil seguiu o modelo americano de pesquisa sobre construtibilidade, abordagem válida para uma empresa individual e que o siga sob a liderança de seu Project Manager, gerente de projeto, mas que também torna inviável a implementação no contexto mais abrangente do setor da construção nacional como um todo. O setor brasileiro opera de modo muito mais fragmentado, o que exige uma quebra maior de padrões além de enorme esforço resiliente e disciplinado na implementação da mudança em maior escala. Muito das lições de construtibilidade presentes no Brasil, é proveniente dos moldes de implementação da construtibilidade da CII americana e da CII-Australia.

Em Singapura, ao contrário dos outros países, o interesse em pesquisar e aplicar a construtibilidade veio do governo. Segundo Lam, Wong, Tiong (2006), na década de 1990, a indústria da construção estava ativa e com grande demanda de mão de obra, que, devido características geopolíticas, não poderia ser suprida completamente pela população local. O país dependia de trabalhadores estrangeiros. Houve interferência do governo para atenuar o problema. A adoção de avaliações de construtibilidade foi incentivada para reduzir a dependência de recursos humanos estrangeiros. O Buildable Design Appraisal System, BDAS, foi adotado, com base em um sistema da Takenaka, uma construtora multinacional japonesa. Segundo a Building And Construction Authority (BCA, 2017), em 1993 o BDAS começou a ser aplicado em obras públicas do país e em 1997 se instituíram premiações para projetos privados com maior construtibilidade. Em 2001, todos os projetos e reformas com área maior que 2000m<sup>2</sup> foram obrigados a obter um valor mínimo de construtibilidade para aprovação legal. O BDAS é baseado em 3 princípios, os “3S” da construtibilidade: Simplicity (simplicidade), Standardisation (padronização) e Single Integrated Elements (elementos únicos integrados). A Avaliação de Construtibilidade de Singapura é numérica e determinística, com pouca abertura às qualificações subjetivas das implementações de construtibilidade presentes nos outros países. E, segundo testes realizados pelo autor, pode ser realizada concomitantemente a informações de projetos BIM, desde que adaptações ao contexto sejam realizadas.

A partir dos anos 2000, a maioria das pesquisas relevantes sobre construtibilidade passaram a ocorrer na Ásia, com os modelos de avaliação e pontuação da construtibilidade como o BDAS de Singapura, consolidado como o primeiro caso em que a construtibilidade integra toda a indústria da construção em escala nacional, com amplos benefícios. O BDAS consolidou um método simples, que não exige mudança de modelos contratuais e funcionamento interno das empresas, e foi imediatamente aceito. O Buildability Assessment Model (BAM) de Hong Kong, e seu desenvolvimento o Scheme Design Buildability Assessment Model (SDBAM), foram derivados do BDAS e constituem também outros exemplos de sucesso de modelos de avaliação plenamente adaptados ao contexto, permitindo análise prévia em fase de concepção do projeto, e tornando-se também um modelo replicado internacionalmente. Segundo críticas válidas de alguns autores como Moore, a Avaliação da Construtibilidade pode se tornar uma

simplificação extrema da construtibilidade pois muitas variáveis do projeto que a afetam não podem ser quantificadas com fórmulas simples. Abordagens com o viés de implementação são os mais próximos de suas ideias epistemológicas originais. Mas tanto o BDAS como o BAM são internacionalmente reconhecidos pela eficiência comprovada de uso extremamente simples e quantitativo se comparada às extensas listas de qualificações dos métodos da CII, o que justifica a possibilidade de uso pragmático de métodos mais práticos e efetivos de Avaliação da Construtibilidade para empresas e o setor de construção.

Historicamente, independentemente de contexto, em questões de Avaliação da Construtibilidade foi verificado que a adoção de métodos acadêmicos muito complexos, como os da CII, quase nunca foi seguida completamente. E os métodos mais atuais, simples e práticos, como os desenvolvidos na Ásia, oferecem um meio que gera menor resistência às mudanças, oferecendo uma via mais eficiente e tecnológica de mensurar a construtibilidade, de modo mais fácil e sem requerer trocas de paradigmas processuais ou contratuais. Outro ponto reside na definição de construtibilidade. Pesquisas brasileiras adotam unanimemente a definição de “constructability” americana, que exigiria, para a aplicabilidade em grande escala, dramáticas mudanças na indústria, para que se delineassem nos moldes da CII, com a figura do “Project Manager”, mudanças no modo de contrato e feedback contínuo entre profissionais de campo e do escritório, em “engenharia simultânea”, conforme define Barbosa, P. e Andery, P. (2015). A visão divergente adotada por este trabalho é que a construtibilidade, de modo prático, deve se adaptar à realidade da indústria, ao contexto em que se insere. Jamais o oposto. A análise da edificabilidade realizada de modo mais simples tem maior propensão à ampla adoção. A adaptação ao contexto brasileiro também é possível.

Com relação ao contexto, o Brasil, apesar de adotar trabalhadores estrangeiros, não vive ainda a grave escassez de mão de obra como Singapura e Hong Kong, mas tem problemas associados à baixa construtibilidade semelhantes aos do Reino Unido. Para que o conceito seja aceito como vantajoso, haja diminuição de erros e melhoria na relação entre a equipe, estudos devem ser conduzidos em parcerias com empresas. Elaboração de documentos e palestras instrutivas são outras ações possíveis e complementares. Como proposição futura, poder-se-ia criar, adicionalmente, um banco nacional e on-line de dados de construtibilidade, como o idealizado pelo CII-Australia. Da mesma forma em que ocorrem, regularmente, a atualização do CUB e tabelas de composição para orçamentos como a SINAPI, também este banco poderia ser ciclicamente retroalimentado e aprimorado.

A integração da construtibilidade às tecnologias informáticas e de comunicação, foi pouco abordada no Brasil. Internacionalmente, com várias publicações recentes, em inglês, em Hong Kong e na Korea do Sul, são feitas relações de processos automatizados de Avaliação da Construtibilidade e BIM. O desenvolvimento de uma ponte facilitadora vinculando-os efetivamente levaria também a avanços, em ambas abordagens, até um outro novo patamar.

### **Conclusões e Considerações Finais**

Apesar da vasta conceituação teórica, ainda não se encontra consolidada, uma demonstração prática e automatizada de algum meio de se extrair e utilizar informações BIM para a avaliação da construtibilidade de todo o projeto do edifício, abrangendo todas

suas disciplinas construtivas. Há, entretanto, algumas linhas de abordagens principais a serem consideradas.

Um meio de ponderação dos dados seria através do próprio software BIM 3D, com informações diretas da modelagem do projeto e o seu controle através do usuário, a exemplo do Revit utilizado por Zhang et al. (2016), ou o ArchiCAD. Zhang et al. (2016) abordam a Avaliação da "Constructability", definida de acordo com a CII, do projeto completo, desenvolvendo um método que é parcialmente automatizado no Revit, através da inserção manual de parâmetros nos componentes da construção e uso de plugin adicional para verificar o percentual em que os requisitos ocorrem, denotando os indicativos de construtibilidade do projeto.

Uma outra possibilidade de automatização, também através de software é a utilização de ferramentas de planejamento BIM 4D para cálculo e validação de parâmetros, a exemplo do Solibri utilizado por Jiang (2016), ou o Navisworks, ou o Synchro, ou o Tekla BIMsight. Jiang (2016) investiga a construtibilidade de formas de concreto armado e possibilidade de automatização da Avaliação da Construtibilidade, utilizando-se do argumento de Moore (1996b), de que é impossível desenvolver um método simples para avaliação de construtibilidade do edifício como um todo. Com pouco aprofundamento interdisciplinar, Jiang (2016) utilizou o Solibri para verificar se o modelo respeitava parâmetros estabelecidos, porém sem a automatização total deste processo.

Outro modo é o uso de linguagem de programação "escrita", a exemplo do C# ou Python, e/ou o uso de programação "visual", a exemplo do Dynamo ou Grasshopper, como uma forma mais direta para a avaliação da construtibilidade. Através do uso da linguagem de programação é possível uma abordagem "in-house", realizada para softwares de determinada empresa, como é o ADN (Autodesk Developer Network) por exemplo, ou através de uma rotina que acesse diretamente o arquivo original, como demonstrou Delegregó (2017), com a validação de dados diretamente de um modelo \*.ifc.

O Industry Foundation Classes, IFC, é uma extensão de "troca" de arquivos, destinado à colaboração BIM interdisciplinar. Segundo McPartland (2017b) em colaboração à National Building Specification (NBS, 2017), o IFC não é um formato controlado por uma única empresa ou grupo. Foi concebido e desenvolvido para facilitar a interoperabilidade no setor de AEC (Architecture, Engineering and Construction). Em 1994, a "Iniciativa IFC", apesar de aberta, se deu quando a Autodesk formou um consórcio com 12 empresas americanas, para assessorá-la no desenvolvimento de um conjunto de programações em C++ que suportassem aplicativos integrados. Empresas incluíam: AT & T, HOK Architects, Honeywell, Carrier, Tishman e Butler Manufacturing. Inicialmente nomeada IAI, International Alliance for Interoperability, Aliança da Indústria para a Interoperabilidade, abriu o quadro de membros a todos os interessados em 1995. Sem fins lucrativos e liderada pela indústria, publicou o Industry Foundation Class (IFC) como um modelo neutro e padronizado. Em 2005, a IAI muda seu nome para buildingSMART, a atual responsável pelo formato. Apesar da plena adoção do \*.ifc em alguns países, como a Dinamarca, e iniciativas como o OpenBIM para promovê-lo, mundialmente, não há consenso em seu uso, mesmo em países onde o BIM se encontra presente. Apesar de alguns softwares o utilizarem como formato alternativo, nunca o fazem como formato principal ou nativo, o que, em certa medida, alimenta a polêmica em torno da adoção do formato, desde suas origens. Como mero paralelo explicativo, o autor complementa que a ideia em torno do IFC é semelhante à do PDF (Portable Document Format) da Adobe, com relação aos documentos de texto que

também podem vir de diferentes fontes, mas mantendo inter-relação e fidelidade na troca de informação.

A extração de dados necessários é possível diretamente no arquivo, com a extensão de origem do software, como demonstrou Zhang et al. (2016) com o uso do Revit, ou em ambiente externo, como demonstrou Delegregio (2017) com o IFC. No ponto de vista do autor, uma das dificuldades encontradas não é a preferência pelo formato do arquivo ser em \*.rvt ou \*.ifc, respectivamente, mas no modo como a informação da construção é manipulada no próprio BIM 3D, com a delimitação em categorias de objetos paramétricos utilizados. Apesar da delimitação em categorias BIM facilitar e trazer consistência à modelagem de informações, com a separação e predeterminação das propriedades individuais de cada elemento, desta forma, somente seria possível de ser gerida externamente caso seja adotado um modelo de avaliação como o BDAS, onde várias categorias são agrupadas nem sempre de forma disciplinar, para serem analisadas em conjunto. Ressalta-se que nem todos escritórios de projetos brasileiros dispõem de programadores que possam contornar esta barreira. O uso do BIM para automatizar a avaliação da construtibilidade pressupõe que a dimensão de informação possa ser adequada ao contexto de análise. Existem softwares de planejamento como o Solibri, utilizado por Jiang (2016) para a análise da construtibilidade de formas de concreto armado. Outros softwares BIM 4D, próprios à gestão da dimensão tempo, incluem Navisworks, Synchrono, e Tekla BIMsight. Pela experiência do autor, além dos softwares BIM 4D permitirem gerar o cronograma e seu gráfico de Gantt com atribuição de tarefas através do tempo, trazem também a possibilidade de verificação de interferências geométricas, e a extração de QTO, Quantity Take Off, dentre outras ferramentas acessórias ao planejamento. O QTO, permite o manuseio das informações sem que seja necessária intervenção através de programação. Os softwares de planejamento permitem também a exportação, em tabela dinâmica para o Excel, software com maior quantidade de profissionais usuários. A destinação do QTO costuma ser o orçamento, o BIM 5D. Mas pode também ser aproveitada, sem a restrições, para realizar a avaliação da construtibilidade. A proposição do autor, com relação a inserção da Avaliação de Construtibilidade em um sistema interdisciplinar de entrega de projetos BIM, e quando será realizada, segue demonstrada na Figura 4.

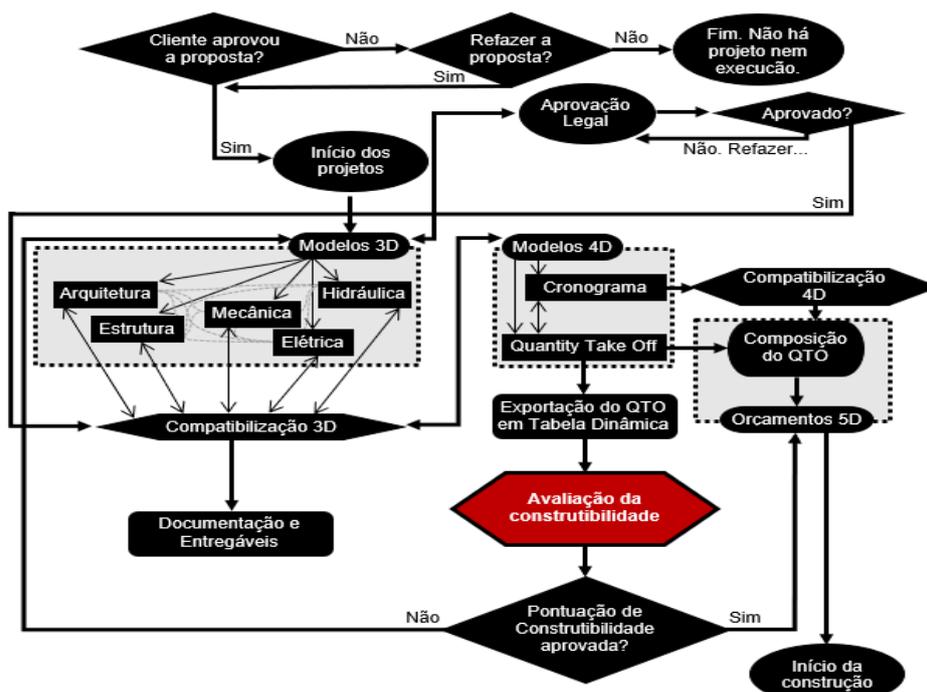


Figura 4. Avaliação da Construtibilidade em sistema interdisciplinar BIM.

Nota: Fonte: do autor (2019).

A Avaliação de Construtibilidade em um sistema interdisciplinar de entrega de projetos BIM, e quando será realizada, é explicada na Figura 4: ao o cliente aprovar a proposta, iniciam-se os projetos com a confecção dos modelos 3D, visando a aprovação legal, compatibilização tridimensional interdisciplinar, e a ausência de interferências 3D, os "3D clashes". Do modelo 3D compatibilizado, além da documentação técnica respectiva, é também direcionada a execução do Modelo 4D. No Modelo 4D se realiza a atribuição de tarefas no cronograma, e compatibilização de seus tempos de execução, buscando a eliminação dos conflitos de tempo, os "4D clashes", bem como o Quantity Take Off (QTO). Do QTO extraído realiza-se a composição dos Orçamentos 5D, porém, a extração dos dados quantitativos do QTO também possibilita realizar a pontuação da Avaliação da Construtibilidade. Após o ter aprovada a construtibilidade e o orçamento ser liberado para o setor de compras, possibilita-se o início da construção. Viabilizando-se, desta forma, o cálculo com automatização e fidelidade na extração de informações do modelo de construção com métodos BIM.

Com o uso de modelo de Avaliação de Construtibilidade adaptado ao contexto, pavimenta-se uma maior propensão à sua adoção. Com o uso de ferramentas que aproveitem as informações da construção de modo automatizado, facilita-se o seu uso. E com modelo avaliativo determinístico, não se incorre em opiniões subjetivas, ou ausência de equilíbrio justo. Através do embasamento realizado, o autor analisou 3 projetos BIM brasileiros com a metodologia proposta, embasado no método de avaliação utilizado na utilizada na Ásia, e observou que a adoção da Avaliação de Construtibilidade, prévia e determinística, em projetos BIM é possível no Brasil.

## Referências

- Amancio, R. C. (2010). *Identificação de fatores de construtibilidade que influenciam as fases do processo de projeto em pequenos escritórios de arquitetura*. Dissertação de Mestrado em Construção Civil. Universidade Federal do Paraná. Curitiba.
- Atkins, W. S. et al. (1994). *Strategies for the European construction sector. A Programme for change*. Construction Europe KHL Publishing Ltd. and Office for Official Publications of the European Communities, East Sussex.
- Autodesk Knowledge Network (2019). Sobre os relacionamentos da modelagem paramétrica. Retrieved from <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit-products/getting-started/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/PTB/Revit-GetStarted/files/GUID-71F2C8EE-2A90-4076-A6C7-702082566DDF-hm.html/>.
- Barbosa, P., Andery, P. (2015). Contribuição ao estudo de medidas para melhoria da construtibilidade no processo de projeto em empresas construtoras. *Construindo*, 7(1).
- Bryde, D., Broquetas, M., & Volm, J. M. (2013). The project benefits of building information modelling (BIM). *International journal of project management*, 31(7), 971-980.
- Building and Construction Authority, BCA (2005). *Code of Practice on Buildable Design*. Singapura
- Building and Construction Authority, BCA (2015). *Code of Practice on Buildable Design*. Singapura.
- Building and Construction Authority, BCA (2017). *Code of Practice on Buildable Design*. Singapura.
- Building and Construction Authority, BCA (2017). *Guide to the Buildable Design Appraisal System*. Singapura.
- CIRIA (1983). *Buildability: An Assessment CIRIA. Publications, Special publication*, 26.
- Construction Industry Institute (2012). *CII Best Practices Guide: Improving Project Performance*. Estados Unidos.
- Delegregó, V. (2017). *Construtibilidade: lições internacionais e aplicações para o Brasil*. Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.
- Designing Buildings Wiki, DBW (2016). BIM Glossary of Terms. Retrieved from [http://www.designingbuildings.co.uk/wiki/BIM\\_glossary\\_of\\_terms/](http://www.designingbuildings.co.uk/wiki/BIM_glossary_of_terms/).
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. John Wiley & Sons.
- Francis, V. E. et al. (1999). Constructability strategy for improved project performance. *Architectural Science Review*, 42, (2), 133-138.
- Heineck, L. F. M., Santos, D. G., & Saffaro, F. A. (2004). Uma proposta para a Classificação de decisões voltadas a melhoria da construtibilidade.

- Heineck, L. F. M. & Rodriguez, M. A. A. (2003). A construtibilidade no processo de projeto de edificações.
- Jiang, Li. (2016). *A constructability review ontology to support automated rule checking leveraging building information models*. The Pennsylvania State University, 2016. PhD Thesis. The Pennsylvania State University. Department of Architectural Engineering.
- Lam, P. T.; Wong, F. W.; & Tiong, R. (2006). An Empirical Study of the Relationship Between Buildability and Productivity in Singapore—Lessons for Hong Kong SAR. In: CRIOCM 2006 International Research Symposium, The Chinese Research Institute of Construction Management and North China Electric Power University. p. 3-5.
- Lawson, B. (2006). *How designers think: the design process demystified*. Routledge.
- McPartland, R. (2017a). BIM dimensions - 3D, 4D, 5D, 6D BIM explained. The NBS. Retrieved from <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-dimensions-3d-4d-5d-6d-bim-explained/>.
- McPartland, R. (2017b). What is IFC? The NBS. Retrieved from <https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-ifc/>.
- Melhado, S. B. (1994). *Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção*. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo.
- Moore, D. R. (1996b). Buildability assessment and the development of an automated design aid for managing the transfer of construction process knowledge. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 3(1/2) 29-46.
- Moore, D. R. (1996a). *Task difficulty assessment: a contribution towards improved buildability through simplification*. Tese de Doutorado. Montfort University. Wetherby.
- National BIM Standard-United States, NBIMS-US (2016). About the national BIM standard United States. NBIMS-US. Retrieved from <https://www.nationalbimstandard.org/about/>
- Reis, P. R. (2006). *Arte de vanguarda no Brasil: os anos 60*. Zahar.
- Rodrigues, L. T. & Goncalves, A. A. (2015). A Construtibilidade nas Fases de Engenharia e Suprimento para a Construção e Montagem Industrial.
- Van Nederveen, G. A.; & Tolman, F. P (1992). Modelling multiple views on buildings. *Automation in Construction*, 1(3), 215-224.
- Wong, F. W. H. et al. (2006). A review of buildability performance in Hong Kong and strategies for improvement. *Surveying and Built Environment*, 17( 2), 37-48.
- Wong, W-H. (2007). *Developing and implementing an empirical system for scoring buildability of designs in the Hong Kong construction industry*. Tese de Doutorado. The Hong Kong Polytechnic University.
- Zhang (2016), Cheng et al. Quantitative Assessment of Building Constructability Using BIM and 4D Simulation. *Open Journal of Civil Engineering*, 6(3), 442.

**Data de recepção:** 04/04/2020  
**Data de revisão:** 16/10/2020  
**Data de aceitação:** 25/10/2020