

**FRAMEWORK PARA IMPLEMENTAÇÃO BIM: UMA ABORDAGEM BASEADA EM  
LEAN, AGILE E DESIGN THINKING**

**MATHEUS PEREIRA DA SILVA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL

**FRAMEWORK PARA IMPLEMENTAÇÃO BIM: UMA ABORDAGEM BASEADA  
EM LEAN, AGILE E DESIGN THINKING**

MATHEUS PEREIRA DA SILVA

ORIENTADOR: MICHELE TEREZA MARQUES CARVALHO

BANCA EXAMINADORA  
JOSÉ DE PAULA BARROS NETO  
ANDREA CRISTINA DOS SANTOS

BRASÍLIA, 03 DE JULHO DE 2023

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL

**FRAMEWORK PARA IMPLEMENTAÇÃO BIM: UMA ABORDAGEM BASEADA  
EM LEAN, AGILE E DESIGN THINKING**

**MATHEUS PEREIRA DA SILVA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL.

APROVADO POR:

---

Prof. Michele Tereza Marques Carvalho, D.Sc (UnB)  
(Orientadora)

---

Prof. José de Paula Barros Neto, D.Sc (UFC)  
(Banca examinadora)

---

Prof.a Andrea Cristina dos Santos, D.Sc (UnB)  
(Banca examinadora)

BRASÍLIA, 03 DE JULHO DE 2023

## RESUMO

A Modelagem de Informação da Construção (BIM) é uma ferramenta valiosa para a gestão da construção que pode aumentar o controle sobre o processo de construção por meio de um projeto eficiente e colaborativo, melhorando a qualidade e reduzindo custos do projeto. Apesar dos benefícios, a maioria das empresas ainda não alcançou níveis mais altos de implementação do BIM devido a barreiras em três áreas principais: pessoas, processos e tecnologia. Este trabalho tem como objetivo desenvolver um framework teórico de princípios e práticas baseado nos conceitos de *Lean*, *Agile* e *Design Thinking* para superar essas barreiras à implementação do BIM. Esta proposta surge da necessidade identificada de integrar conceitos ainda pouco trabalhados em conjunto na literatura científica, contribuindo, portanto, com um avanço significativo no campo. As barreiras críticas foram identificadas por meio de uma revisão sistemática da literatura e validadas por meio de questionários com um painel de quatro especialistas. Em seguida, uma outra revisão sistemática foi conduzida para definir os princípios e práticas de *Lean*, *Agile* e *Design Thinking*. O framework proposto foi gerado utilizando o método Delphi, em duas rodadas de consulta com 10 profissionais do setor. Este processo permitiu avaliar e correlacionar as barreiras com os princípios e práticas identificadas, culminando em um consenso satisfatório. O framework é então representado por um diagrama de nós, que associa cada barreira aos princípios e práticas correspondentes. Este trabalho fornece um valioso ponto de partida para a superação das barreiras à implementação do BIM, desempenhando um papel fundamental na gestão eficaz deste processo. Além disso, oferece uma contribuição científica inovadora ao apresentar uma integração significativa de conceitos, como *Lean*, *Agile* e *Design Thinking*, geralmente não trabalhados em conjunto, esclarecendo e organizando questões complexas e oferecendo novas perspectivas e ferramentas para apoiar o progresso e a inovação na indústria AEC de acordo com o ambiente organizacional e a capacidade de quem pretenda implementá-lo.

**Palavras-chave:** Gestão de Projetos. *Framework*. Implementação. *Design Thinking*. *Lean Startup*. Método *Agile*. BIM.

## **ABSTRACT**

Building Information Modeling (BIM) is a valuable tool for construction management that can enhance control over the construction process through efficient and collaborative design, improving quality and reducing project costs. Despite the benefits, most companies have yet to achieve higher levels of BIM implementation due to barriers in three main areas: people, processes, and technology. The objective of this work is to develop a theoretical framework of principles and practices based on the concepts of Lean, Agile, and Design Thinking to overcome these barriers to BIM implementation. This proposal arises from the identified need to integrate concepts that are still rarely worked together in the scientific literature, thereby contributing a significant advance in the field. The critical barriers were identified through a systematic literature review and validated through semi-structured interviews with a panel of four experts. Subsequently, another systematic review was conducted to define the principles and practices of Lean, Agile, and Design Thinking. The proposed framework was generated using the Delphi method, in two rounds of consultation with 10 industry professionals. This process allowed us to evaluate and correlate the barriers with the identified principles and practices, culminating in a satisfactory consensus. The framework is then represented by a node diagram, which associates each barrier with the corresponding principles and practices. This work provides a valuable starting point for overcoming barriers to BIM implementation, playing a crucial role in the effective management of this process. Moreover, it offers an innovative scientific contribution by presenting a meaningful integration of concepts, such as Lean, Agile, and Design Thinking, usually not worked together, clarifying and organizing complex issues, and offering new perspectives and tools to support progress and innovation in the AEC industry.

**Keywords:** Project Management. Framework. Implementation. Design Thinking. Lean Startup. Agile Method. BIM.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha sincera gratidão por todo o apoio, incentivo e amor que recebi ao longo da minha jornada acadêmica.

Aos 25 anos estava bastante descontente com minha realidade profissional, executando obras civis no interior do Amazonas. Minha esposa Esterfeny teve a gentileza de inscrever-me no programa de mestrado da UnB sem que eu soubesse, e aprovado, aceitamos o desafio de nos mudarmos para a capital do país. Já longe de casa, a pandemia fez com que as aulas fossem paralisadas, de modo que encontrei-me sem bolsa de estudos em meio a uma crise sem precedentes.

Nesse momento desafiador, tive a sorte de contar com o apoio inestimável da minha orientadora, a Professora Michele Tereza. Ela proporcionou a oportunidade de me envolver em projetos diversos e me encorajou a não desistir, mesmo diante das dificuldades. Sua compreensão, orientações, assistência e atenção foram fundamentais para eu manter vivo o meu sonho de concluir o mestrado. De fato, gostaria de expressar meu profundo agradecimento a todos os professores do programa de pós-graduação em Estruturas e Construção Civil. Durante minha jornada acadêmica, fui imensamente beneficiado pela orientação e ensinamentos de cada um de vocês.

Não posso deixar de mencionar minha esposa, Esterfeny, que tem sido uma parceira incansável e meu maior suporte em todos os momentos. Seu incentivo constante, amor e dedicação têm sido fundamentais para superar os desafios ao longo desse caminho acadêmico.

Por fim, gostaria de expressar minha profunda gratidão a minha mãe, Helena, cuja dedicação e sacrifício ao longo dos anos moldaram a pessoa que sou hoje. Seu apoio inabalável e crença em meu potencial foram fundamentais para eu chegar até aqui. Sou extremamente grato por ter sido criado por minha mãe, Helena, uma mulher incrível que trabalhava arduamente para sustentar nossa família em Manaus, mesmo diante das dificuldades da vida. Ela sempre valorizou a importância da educação, encorajando-me em todo momento a buscar o conhecimento e a avançar nos estudos, buscando força e fé em nosso Deus e em nosso senhor Jesus Cristo.

Sou imensamente grato a essas mulheres maravilhosas e a todos que fizeram parte da minha vida e contribuíram para minha jornada acadêmica. Sem vocês, nada disso seria possível.

"A perseverança é o combustível que impulsiona o progresso científico. Sem ela, as descobertas revolucionárias e os avanços significativos jamais seriam alcançados." - **Albert Einstein**



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema de Evolução do Nível BIM.....	25
Figura 2 – Tela de utilização do <i>software</i> Start Tool .....	69
Figura 3 – Relações considerando barreira do tipo Pessoas .....	104
Figura 4 - Relações considerando barreira do tipo Processos .....	104
Figura 5 - Relações considerando barreira do tipo Tecnologia .....	105

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Respostas das entrevistas semiestruturadas .....	88
Tabela 2 – Dados estatísticos do Delphi.....	99
Tabela 3 – Dados estatístico da segunda rodada do Delphi .....	99
Tabela 4 – Matriz de relações entre barreira e princípio do Lean .....	100
Tabela 5 – Matriz de relações entre barreiras e princípios do <i>Agile</i> .....	101
Tabela 6 – Matriz de relações entre barreira e princípios do <i>Design Thinking</i> .....	102

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Relação de autores por país .....	29
Quadro 2 – Características do <i>Design Thinking</i> .....	37
Quadro 3 – Princípios do <i>Lean Thinking</i> .....	40
Quadro 4 – Comparação entre Método <i>Agile</i> e BIM.....	52
Quadro 5 – Delineamento da pesquisa .....	60
Quadro 6 – Descrição da Pesquisa Adotada.....	68
Quadro 7 – Protocolo de mapeamento na literatura .....	70
Quadro 8 – Participantes da entrevista de validação das barreiras.....	72
Quadro 9 – Profissionais participantes do Delphi .....	74
Quadro 10 – Barreiras na área de Pessoas .....	79
Quadro 11 – Barreiras na área de Processos.....	82
Quadro 12 – Barreiras na área de Tecnologia .....	86
Quadro 13 – Práticas e Princípios: Lean .....	89
Quadro 14 – Princípios do Método <i>Agile</i> .....	95
Quadro 15 – Princípios do <i>Design Thinking</i> .....	97
Quadro 16 – Princípios tidos como pertinentes às barreiras tipo Pessoas.....	107
Quadro 17 – Princípios tidos como pertinentes às barreiras tipo Processos .....	111
Quadro 18 – Princípios tidos como pertinentes às barreiras tipo Tecnologia .....	113

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEC - Arquitetura, Engenharia e Construção

AECO - Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação

BIM - *Building Information Modelling*

CAD - *Computer Assistent Drawing*

CG - Concordância Geral

Cód. - Código

DP - Desvio padrão

DSR - *Design Science Research*

DT - *Design Thinking*

IFC - *Industry Foundation Classes*

IPD - *Integrated Project Delivery*

LC4.0 - *Lean Construction 4.0*

LOD - *Level of Detail*

LPS - *Last Planner System*

MIT - *Massachusetts Institute of Technology*

MVP - Produto minimamente viável

S/E - Estrutura/Envoltória

TPS - Sistema de Produção Toyota

VM - Valor médio



## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	16
2	JUSTIFICATIVA.....	18
2.1	Objetivo Geral .....	19
2.2	Objetivos Específicos.....	20
2.3	Originalidade .....	20
2.4	Limitações da Pesquisa .....	21
3	REVISÃO DA LITERATURA .....	23
3.1	<i>Building Information Modelling</i> .....	23
3.2	Barreiras a Gestão de Projetos em BIM .....	28
3.3	<i>Design Thinking</i> .....	33
3.4	BIM e <i>Design Thinking</i> .....	38
3.5	<i>Lean Construction</i> .....	39
3.6	BIM e <i>Lean Construction</i> .....	45
3.7	Método <i>Agile</i> .....	49
3.8	BIM e <i>Agile</i> .....	51
3.9	<i>Design Thinking, Lean Construction</i> e Método <i>Agile</i> .....	53
4	METODOLOGIA .....	58
4.1	<i>Design Science Research</i> .....	58
4.2	Mapeamento Sistemático na Literatura.....	67
4.3	Validação das Barreiras Identificadas na Literatura .....	72
4.4	Aplicação do Delphi e Validação da Relação Princípio-Barreira.....	74
4.5	Análise Estatística dos Resultados das Rodadas Delphi .....	76
4.6	Construção do <i>Framework</i> .....	77
5	RESULTADOS.....	79
5.1	FASE 1: Barreiras à Implementação BIM.....	79
5.1.1	Barreiras na área de Pessoas.....	79
5.1.2	Barreiras na área de Processos .....	82
5.1.3	Barreiras na área de Tecnologia .....	85
5.1.4	Avaliação das barreiras por meio de questionário aplicado a especialistas .....	87
5.2	FASE 2: Validação da correlação entre princípios e práticas.....	89
5.2.1	Princípios e Práticas do <i>Lean</i> .....	89

5.2.2	Princípios e Práticas do Método <i>Agile</i> .....	95
5.2.3	Princípios e Práticas do <i>Design Thinking</i> .....	97
5.2.4	Resultados das rodadas do Delphi.....	99
<b>5.3</b>	<b>FASE 3: Representação Visual do <i>Framework</i> com Diagrama de Nós ....</b>	<b>103</b>
<b>5.4</b>	<b>Discussões acerca dos achados .....</b>	<b>114</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>120</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>122</b>
	<b>APÊNDICE I – CATEGORIZAÇÃO DE ARTIGOS RELACIONADOS ÀS BARREIRAS DO TIPO PESSOAS.....</b>	<b>130</b>
	<b>APÊNDICE II – CATEGORIZAÇÃO DE ARTIGOS RELACIONADOS ÀS BARREIRAS DO TIPO PROCESSOS.....</b>	<b>136</b>
	<b>APÊNDICE III – CATEGORIZAÇÃO DE ARTIGOS RELACIONADOS ÀS BARREIRAS DO TIPO TECNOLOGIA .....</b>	<b>142</b>
	<b>APÊNDICE IV – CATEGORIZAÇÃO DE ARTIGOS RELACIONADOS AOS PRINCÍPIOS E PRÁTICAS DO LEAN .....</b>	<b>145</b>
	<b>APÊNDICE V – CATEGORIZAÇÃO DE ARTIGOS RELACIONADOS AOS PRINCÍPIOS E PRÁTICAS DO AGILE.....</b>	<b>150</b>
	<b>APÊNDICE VI – CATEGORIZAÇÃO DE ARTIGOS RELACIONADOS AOS PRINCÍPIOS E PRÁTICAS DO DESIGN THINKING .....</b>	<b>154</b>
	<b>APÊNDICE VII – E-MAIL ENCAMINHADO COMO CONVITE AOS ENTREVISTADOS NA PRIMEIRA ETAPA DE VALIDAÇÃO DE BARREIRAS 157</b>	
	<b>APÊNDICE VIII – ETAPA DE SUGESTÃO COM ESPECIALISTAS QUANTO ÀS PROBLEMÁTICAS ENCONTRADAS.....</b>	<b>158</b>
	<b>APÊNDICE IX – FORMULÁRIO DE PARTICIPAÇÃO DAS RODADAS DELPHI 162</b>	

## 1 INTRODUÇÃO

O *Building Information Modelling* (BIM) representa uma ferramenta indispensável na contemporaneidade, funcionando como uma alavanca para a otimização do design, da construção, da operação e da manutenção em projetos de construção. Todavia, a aplicação plena do BIM ainda é um desafio para muitas empresas, que por vezes limitam-se a utilizá-lo como uma ferramenta simplória de design. Tais dificuldades podem ser atribuídas a fatores como a carência de estruturas de gestão voltadas à colaboração, a resistência intrínseca à mudança e os elevados custos associados ao treinamento da equipe e à aquisição de software.

O uso proficiente do BIM, frequentemente, demanda a incorporação de conceitos advindos de outras esferas. Nesse sentido, observa-se sinergia entre o BIM e o *Lean*, conforme apontado por Eastman e Sacks (2011). Rashidian et al. (2023) já exploraram a possível integração do BIM com o *Lean* através do Método Delphi, no entanto, a relação entre o BIM, o *Agile* e o *Design Thinking* (DT), enquanto elementos integrados, ainda apresenta lacunas em termos de conhecimento.

A aplicação de princípios e práticas derivados do *Lean*, do *Agile* e do *Design Thinking* pode representar uma contribuição valiosa para a implementação do BIM. A principal questão reside em determinar quais desses princípios e práticas podem ser efetivamente aplicados para resolver os problemas identificados, promovendo assim a implementação e o manejo adequados do BIM. Este trabalho, portanto, visa a proporcionar diretrizes nessa direção.

O contexto atual da pesquisa se enquadra em uma era onde a eficiência e a inovação são requisitos indispensáveis para projetos de construção. Neste sentido, nosso estudo se volta para a complexa interação entre BIM, *Lean*, *Agile* e *Design Thinking* - campos distintos, mas que podem, em conjunto, aperfeiçoar a aplicação do BIM. Por meio de uma análise minuciosa das barreiras mais comumente encontradas na implementação do BIM e do estudo dos princípios e práticas dos campos mencionado.

Espera-se que este trabalho represente uma contribuição substancial para o entendimento das contribuições existentes entre BIM, *Lean*, *Agile* e *Design Thinking*. Este modelo teórico, uma vez validado, pode trazer implicações práticas importantes para a indústria



da construção civil, ajudando as organizações a superarem obstáculos à implementação bem-sucedida do BIM, incorporando princípios e práticas relacionadas a suas problemáticas que estejam dentro da cultura organizacional existente, do escopo de atuação ou até mesmo da capacidade da organização. Com isso, tem-se a intenção de expandir o conhecimento existente e aprimorar práticas correntes nesta área.

Além disso, este trabalho se propõe a ser um catalisador para futuras pesquisas no campo, promovendo uma discussão acadêmica mais aprofundada sobre a convergência destas disciplinas e seu impacto na implementação do BIM. Este estudo, portanto, não apenas responde a questões prementes na prática atual, mas também abre novas avenidas de investigação, demonstrando o potencial da integração dos conceitos abordados, afim de permitir uma melhor integração.

## 2 JUSTIFICATIVA

O *Building Information Modelling* (BIM), um avanço incontestável na indústria da construção civil, ainda demonstra um nível de maturidade incipiente, como apontam Succar (2009), Azhar (2011) e Sacks et al. (2021). Tal constatação transcende fronteiras, sendo vivenciada tanto no setor público quanto privado e apesar dos esforços intensos para a adaptação ao uso do BIM, ilustrados por Tan et al. (2019).

Nesta vertente, é inegável a necessidade emergente de entender e preencher o vácuo de conhecimento sobre a configuração organizacional necessária para maximizar os benefícios de uma implementação madura do BIM. A competitividade exacerbada no ambiente de negócios exige mais do que a mera adoção desta ferramenta; é necessário criar um ambiente propício ao seu uso eficiente, o que demanda uma análise minuciosa de princípios e práticas capazes de dismantelar as principais barreiras à sua implementação.

A literatura existente, embora extensa, foca predominantemente nas barreiras à implementação do BIM e negligencia a pesquisa voltada para o desenvolvimento de padrões e ferramentas adaptáveis ao mercado interno. Esses instrumentos são fundamentais para capacitar usuários e gestores a superar os desafios impostos pelo BIM, conforme Zhant et al. (2019) e Aashmori et al. (2022) destacam.

No intuito de suprir essa lacuna de pesquisa e catalisar a superação dos obstáculos identificados, como o custo elevado de treinamento, o investimento em software BIM, a falta de conhecimento técnico sobre o BIM e a ausência de diretrizes claras (Hyarat et al., 2022), este estudo é singularmente relevante. Por meio de um extenso trabalho de pesquisa, validação e estudos Delphi, propomos o desenvolvimento de um modelo teórico fundamentado nos princípios e práticas do *Lean*, *Agile* e *Design Thinking*. Nosso objetivo é oferecer uma solução inovadora que auxilie as empresas a implementar o BIM com êxito em seus processos de gestão da construção.

Este estudo se destaca, sobretudo, por sua contribuição original ao integrar os conceitos de *Lean*, *Agile* e *Design Thinking* em um modelo teórico. Esta abordagem interdisciplinar tem o potencial de abrir novos caminhos, trazendo novas perspectivas e ferramentas para aprimorar a implementação do BIM na indústria da construção.

Portanto, a relevância deste estudo é duplamente justificada: além de representar uma contribuição significativa para o avanço e inovação na indústria AEC, ele tem o poder de gerar ferramentas e metodologias novas, permitindo a superação das barreiras identificadas para a implementação eficiente do BIM. Este estudo não é apenas um passo rumo à otimização do uso do BIM, mas um avanço em sua implementação na indústria da construção.

Além de contribuir para a expansão do conhecimento científico no campo da tecnologia aplicada à construção civil, este estudo abre novas fronteiras ao unificar conceitos de *Lean*, *Agile* e *Design Thinking*, proporcionando um avanço no entendimento teórico dessas abordagens em relação ao BIM. Este modelo teórico não apenas impulsiona a produção científica, mas também tem o potencial de servir como um marco no desenvolvimento de pesquisas futuras.

A relevância desse estudo também se manifesta de maneira prática e direta para o mercado brasileiro. A falta de diretrizes claras e eficientes para a implementação do BIM tem sido uma barreira substancial no país. Ao fornecer um modelo prático e teoricamente sólido, este estudo tem o potencial de catapultar a adoção do BIM nas empresas de construção civil brasileiras. Nesse sentido, sua contribuição se torna ainda mais valiosa ao oferecer ferramentas e estratégias adaptadas à realidade do mercado brasileiro, facilitando a superação de desafios específicos e, conseqüentemente, alavancando a competitividade e a eficiência da indústria da construção no país.

## **2.1 Objetivo Geral**

Dentro da linha de pesquisa de Gestão e Sustentabilidade do Ambiente Construído, o objetivo primordial deste estudo é desenvolver um *Framework* que, ao integrar as principais práticas e princípios do *Lean*, *Agile* e *Design Thinking*, permita superar as barreiras identificadas na gestão BIM.

Em síntese, a finalidade última do estudo é a concepção de um *Framework* que possibilite uma prática mais efetiva e plena do BIM nas organizações a partir da superação das barreiras pré-estabelecidas. Neste contexto, este trabalho visa incorporar às ferramentas e processos BIM, os conceitos de *Design Thinking*, Método *Agile* e *Lean Startup* objetivando a elaboração de um *framework* para gestão de projetos em BIM.

## 2.2 Objetivos Específicos

Especificamente, para se alcançar o objetivo proposto, devem ser alcançados objetivos específicos que compõem o conjunto de objetivos parciais desta pesquisa, que são:

- Compreender e validar com especialistas as barreiras à gestão BIM presentes na literatura, validando-as por meio de questionários aplicados a especialistas da área;
- Delinear as principais práticas e princípios do *Lean*, *Agile* e *Design Thinking*, também através de um mapeamento sistemático da literatura;
- Elucidar quais práticas e princípios podem ser mais eficazes na superação de cada barreira específica, através da aplicação do método Delphi com 10 profissionais que atuem no setor.

## 2.3 Originalidade

Embora a aplicabilidade dos princípios do *Lean* à gestão da produção e sua sinergia com o *Building Information Modelling* sejam amplamente conhecidos e discutidos, grande parte dos trabalhos foca na capacidade das ferramentas BIM de empoderar os aspectos *Lean* de uma organização, como abordado por Eastman e Sacks (2021), havendo muito a ser explorado no que tange os aspectos do *Agile* e do *Design Thinking*.

Barison e Santos (2010), Koskela et. Al (2011) e abanda et. Al (2017) apontaram a ausência de *frameworks* e diretrizes mais objetivas para implementação BIM, inclusive considerando essa ausência de material como uma das principais barreiras à gestão de processos.

A grande parte das pesquisas possui como enfoque extrair das ferramentas BIM elementos que potencializem características de filosofias como *Lean* e *Agile*, ou apresenta metodologias diferentes de utilização do BIM fazendo uso de suas premissas, como o *Design Thinking*. Não há, no entanto, um número significativo de pesquisas que possuam

o viés de, valendo-se de princípios e práticas dos conceitos citados, buscar meios de superar as principais barreiras que inviabilizam uma adoção mais madura do BIM.

Garcia et. Al (2016), por exemplo, definiram um *framework* para implementação BIM, a partir de um mapeamento sistemático de literatura para definir barreiras e conceitos, e as validou a partir de entrevistas semi-estruturadas com especialistas, mas o fez a partir de um enfoque nos aspectos de relações humanas de trabalho. Kouch et. Al (2020), por sua vez, definiram um *framework* para uma implementação inicial do BIM, sem definir as melhores práticas para conduzir a gestão, ao passo que este trabalho não se vincula a um estágio específico da implantação, mas em barreiras que impedem a organização de atingir uma adequada maturidade no uso do BIM, de acordo com suas necessidades e potencialidades.

Neste contexto, resta definida a originalidade deste trabalho, que embora faça uso de metodologias de pesquisa e validação amplamente reconhecidas e já aplicadas, como o mapeamento sistemático na literatura, entrevistas semiestruturadas e aplicação do método Delphi, pretende ofertar um *framework* que mescla conceitos pouco abordados conjuntamente e contribui para o campo de pesquisa ao permitir um conjunto de princípios e práticas pertinentes e validados para as principais barreiras enfrentadas pelas organizações na implementação do BIM.

## **2.4 Limitações da Pesquisa**

Este estudo possui limitações que decorrem da abrangência e complexidade dos conceitos explorados, nomeadamente *Lean, Agile e Design Thinking*. Esta investigação adota uma visão panorâmica e abarca um amplo conjunto de práticas e princípios, ao invés de concentrar-se intensamente em um único aspecto de cada uma dessas metodologias. Dessa forma, o escopo da pesquisa é limitado à identificação e descrição de um conjunto representativo de práticas e princípios de cada metodologia que se mostram significativamente correlacionados às barreiras identificadas na implementação do BIM.

Vale ressaltar que, apesar do modelo teórico ter sido concebido com o auxílio do método Delphi, apoiando-se na contribuição de profissionais atuantes na área, o resultado final não foi submetido a uma validação prática em organizações. Tal etapa de verificação empírica, crucial para a concretização e aprimoramento do modelo, ultrapassa as

restrições de tempo e recursos deste estudo, constituindo-se um caminho para investigações futuras.

Ademais, cabe salientar que a etapa Delphi foi conduzida com profissionais que atuam em contextos onde o BIM precisa ser implementado, não sendo necessariamente especialistas como os que foram consultados na fase inicial do trabalho para a validação das barreiras. Devido a experiência limitada desses profissionais (bem como de grande parte do setor) em *Design Thinking* e *Agile*, os princípios e práticas foram apresentados de forma simplificada, o que pode restringir a profundidade da avaliação desses conceitos.

Adicionalmente, é importante destacar a limitação semântica presente neste estudo. Dada a natureza técnica da linguagem adotada e a diversidade de experiências e contextos dos entrevistados, existe a possibilidade de variações no entendimento dos termos e conceitos utilizados. Essa variação semântica pode ocasionar discrepâncias ou ambiguidades na interpretação dos princípios e práticas apresentados, o que poderia levar a possíveis distorções nas correlações conceituais estabelecidas. Tal questão reforça a necessidade de um trabalho contínuo e colaborativo entre pesquisadores e profissionais da indústria, visando construir um entendimento comum e aprimorado dos conceitos e práticas associados ao BIM.

Por fim, outra limitação a considerar é que este estudo não propõe princípios ou práticas inovadoras que sejam o resultado de uma fusão entre *Lean*, *Agile* e *Design Thinking*. Ao invés disso, a pesquisa se alinha ao desafio de apresentar esses conceitos de forma integrada, correlacionando as melhores práticas de cada abordagem a problemas específicos, numa tentativa de fornecer uma visão mais holística e integrada para cada barreira identificada na implementação do BIM. O desenvolvimento de princípios ou práticas novos que integrem *Lean*, *Agile* e *Design Thinking* constitui um campo a ser explorado em futuras pesquisas.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

Embora a indústria da construção tenha sido inovadora de várias maneiras, ela não tem sido tão rápida ou eficaz na adoção de novas tecnologias ou práticas de gestão como outras indústrias, como a automobilística ou eletromecânica. (Gann and Salter, 2000).

A indústria da construção civil tem mostrado um ritmo mais lento na adoção de inovações, quando comparada a outros setores industriais, como a indústria automobilística. Isso tem sido um desafio constante para a competitividade e sustentabilidade do setor. (Sá, Sedeh, & Melhado, 2019).

Uma vez que se encaminha uma quinta revolução industrial, na construção ainda há dificuldade em aplicar de forma adequada o conceito de *Building Information Modelling*.

A Compreensão do conceito do BIM e suas potencialidades permite explorar os aspectos gerenciais relacionados com sua incorporação em um sistema de gestão de projetos. Uma vez que o *Building Information Modelling* pode ser associado a diversas etapas do processo produtivo da indústria da construção, há que se compreender estas potencialidades para a definição de um *framework* de implementação mais coerente e assertivo com as necessidades próprias de empresas que atuam em segmentos distintos da construção.

Os conceitos de *Design Thinking*, *Lean Startup* e Método *Agile*, por serem advindos originalmente de outras indústrias, demandam uma compreensão conceitual tal que permita não se limitar ao seu conceito inicial, mas extrapolar suas aplicações face aos distintos desafios da Indústria da Construção Civil.

#### 3.1 *Building Information Modelling*

Conforme afirmaram Kouch et. Al (2020), a falta de compreensão do que é o BIM é, por si, uma das barreiras a sua adequada aplicação. Para se beneficiar do *Building Information Modelling* de forma apropriada, é necessário saber conceituá-lo e defini-lo.

Segundo Mahmoud et. Al (2022), muitos artigos relevantes, entre 2007 e 2021, ofereceram distintas definições do que seria o BIM. Alguns autores o definiram como um processo (Garyaev (2018), Liu et. Al (2019) e Azhar (2011)), há ainda autores que o

conceituem como uma nova metodologia (Wang et. Al (2019)), uma ferramenta de gerenciamento (Olawumi (2019)) e até como uma tecnologia (Murphy, 2014). Este trabalho parte do pressuposto de que o BIM é melhor compreendido como um processo, como afirmaram Mahmoud et. Al (2022), composto por elementos gerenciais, tecnológicos e individuais. Segundo Aitbayeva e Hossain (2020), o BIM pode ser compreendido como um arranjo entre pessoas, processos e tecnologia, o que o diferencia das tecnologias CAD com a qual erroneamente é associado.

Em um projeto de arquitetura e engenharia feito com uma tecnologia CAD usual, os arquivos consistem em informações como vetores, camadas e identificação por textos. Com a incorporação da modelagem tridimensional, dados mais complexos de geometria e ferramentas de geração de superfície permitiram um melhor detalhamento dos projetos. O foco, eventualmente, migrou da representação tridimensional, para os dados que compõem o projeto, havendo uma grande relevância dada às informações do modelo de construção, podendo um modelo de construção projetado em uma ferramenta BIM dar suporte a múltiplas visões diferentes dos dados contidos dentro de um conjunto de representações, incluso 2D e 3D (Eastman e Sacks, 2021).

Eastman e Sacks (2021) definiram o BIM como uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção, sendo o modelo de construção BIM o objeto resultante dos processos BIM que se seguem desde as etapas iniciais de projeto.

Estes modelos de construção são caracterizados por:

- a. Componentes de Construção representados por objetos que levam consigo atributos gráficos e de dados computáveis que os identificam em programas, além de parâmetros de comportamento que facilitam sua manipulação;
- b. Componentes que incluem dados comportamentais dos objetos, compondo informações necessárias para análises e processos de trabalho, tais como quantificação, especificação, consumo energético entre outros;



- c. Dados Consistentes e não redundantes, de forma que as modificações nos dados dos componentes sejam representadas em todas as visualizações dos componentes e nos conjuntos dos quais eles fazem parte;

Outro importante aspecto do BIM está associado ao conceito de maturidade, que indica o grau de avanço na implementação dos processos BIM em um sistema. Segundo Succar (2016), a implementação do BIM nas organizações é usualmente um processo gradativo.

Para uma adequada compreensão do cenário atual de uma empresa, faz-se necessário avaliar a maturidade do BIM adotado, fazendo uso de esquemas que permitam diferenciar o nível de implantação. Eastman e Sacks (2021) definiram um esquema de implementação com base nas normas britânicas, conforme identificado na Figura 1 abaixo.

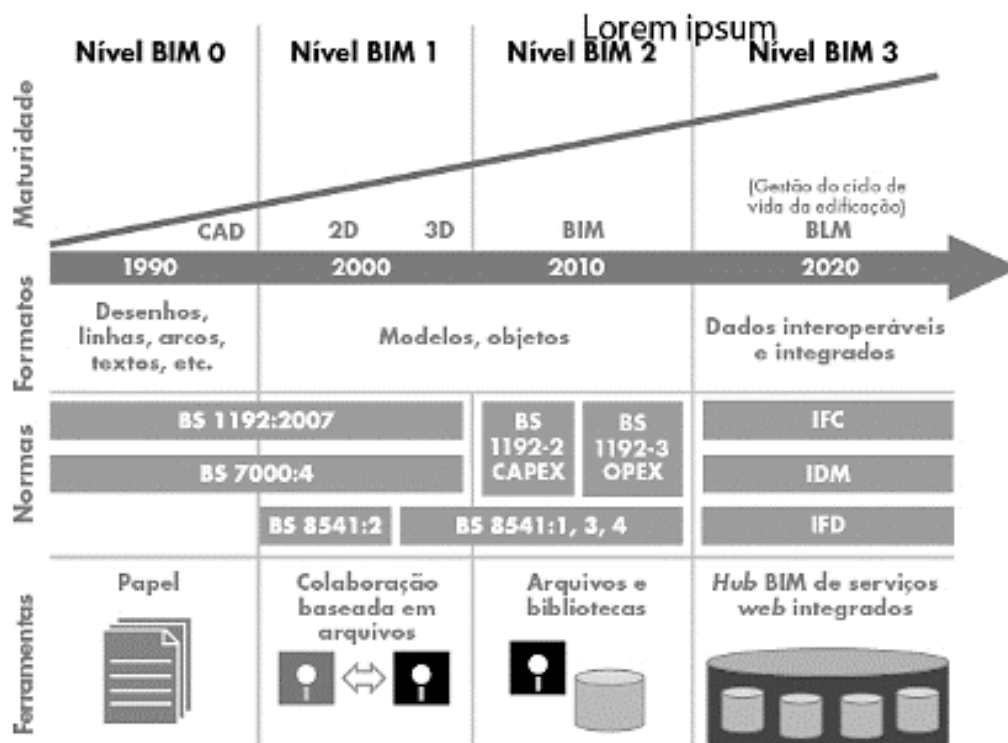


Figura 1 – Esquema de Evolução do Nível BIM

Fonte: Eastman e Sacks (2021)

O nível BIM zero é conceituado como CAD não gerenciado, sendo um projeto 2D com algumas informações adicionais provenientes de texto. No Brasil, pode-se observar que a maioria das contratações por parte do poder público ainda fazem uso dessa forma de projeto.

O nível BIM 1 compreende um misto de CAD 3D para o trabalho de criação e o uso do CAD 2D para elaboração dos demais desenhos, obtenção de licenças na prefeitura e para o dia a dia da construção.

O nível BIM 2 se diferencia pela adoção do trabalho colaborativo, onde todos os envolvidos usam seus próprios modelos 3D, mas sem trabalhar com um único modelo compartilhado. Essa colaboração ocorre desde a etapa inicial com as informações compartilhadas entre os distintos *stakeholders* de projeto. Esse compartilhamento se dá mediante o compartilhamento por meio de um formato de arquivo comum, que permita uma interoperabilidade de dados, de forma que qualquer *software* de CAD seja capaz de exportar um formato de arquivo comum, sendo mais usual a adoção do formato IFC (*Industry Foundation Classes*).

O nível BIM 3 está associado ao contexto de OPEN BIM, com um compartilhamento integral e em tempo real de informações de projeto, sendo mantidos em um repositório centralizado. O nível de maturidade pretendido está diretamente ligado aos desafios de implementação do BIM, quanto maior o grau de maturidade pretendido, mais barreiras à implementação do BIM serão observadas.

Compreendendo que o desafio de implementar processos BIM estão ligados ao grau de maturidade de aplicação pretendido, Eastman et. al (2014) afirmara, que a utilização de métricas é fundamental para avaliar a implementação de novos processos e tecnologias, uma vez que elas oferecem subsídios para efetivamente mensurar cada propriedade que se busca em um processo.

Segundo Eastman (2021), foram desenvolvidas dezenas de modelos significativos para definição, ainda que apesar das similaridades nos modelos de maturidade, cada ferramenta apresenta características próprias, de maneira que não existe um modelo ideal para todos os usuários.

Outro importante conceito dentro do debate acerca de maturidade é o trabalho desenvolvido por Succar (2009), que iniciou o desenvolvimento de uma estrutura para classificar a adoção do BIM pelas organizações, empresas e equipes de projeto. Manzione consolidou em 2010 estes conceitos numa ferramenta denominada *Building Information Modelling Maturity Matrix*.

Essa matriz de maturidade BIM caracteriza a adoção de metodologia através da análise do conjunto de capacidade BIM e dos níveis de maturidade BIM. A capacidade BIM indica o que a organização é capaz de concretizar com o uso de determinadas metodologias, sendo medida pelos estágios de acordo com os passos da adoção já realizados. A maturidade BIM, neste contexto, se refere ao desenvolvimento alcançado dentro da capacidade BIM disponível (Succar, 2016).

Succar (2016) definiu cinco estágios de capacidade BIM, sendo estes:

- a. Pré-BIM: Inicia-se com o uso de CAD 2D e compartilhamento manual de informações;
- b. Modelagem: Baseando-se em objetos parametrizados, inicia-se a modelagem da construção virtual;
- c. Colaboração: As diferentes disciplinas de projeto se integram e conversam entre si, em termos de tecnologia, processos e políticas da empresa;
- d. Integração: Os projetos e o processo de trabalho são integrados, com compartilhamento facilitado de informações e equipes multidisciplinares que trabalhem de forma simultânea;
- e. Pós-BIM: A meta final do emprego dos conceitos e ferramentas BIM para obter o Projeto Virtualmente Integrado, Construção e Operação.

A maturidade BIM se diferencia da capacidade BIM, devendo haver uma compreensão das capacidades BIM de uma organização, para aferir de maneira coerente o grau de maturidade (Lima et. al, 2021).

### 3.2 Barreiras a Gestão de Projetos em BIM

A industrialização da construção e melhoria na produtividade tem se tornado uma estratégia chave para direcionar a indústria da construção civil, de um modelo tradicional para um modelo mais industrializado. Segundo Wang et. al (2016), há um interesse governamental estratégico em implementar o BIM na indústria da Construção Civil, o que também é fato no cenário brasileiro, tendo em vista as ações do poder executivo para tornar obrigatório o uso do BIM em projetos públicos.

Segundo Kouch et. Al (2020), muitos estudos sugerem que um dos principais problemas relacionados ao BIM diz respeito ao desconhecimento do que ele se refere e se propõe, sendo fundamental uma adequada compreensão.

Ainda segundo WU et. al (2021) diversas barreiras para a implementação adequada do BIM ainda não são alvo de estudos suficientes que permitam um subsídio em termos de informações que facilitem a adoção do BIM.

Segundo estudo de WU et. al (2021), as principais barreiras envolvendo fatores relacionados aos *stakeholders* de projeto foram a ausência de suporte e comprometimento da gestão superior, baixo grau de cooperação entre os envolvidos no projeto, falta de experiência no uso do BIM e falha na distribuição de responsabilidades. Quanto aos fatores financeiros apontados pelo autor, o alto custo de aquisição de *softwares* BIM e o alto risco foram os elementos identificados.

Górka, Skrzypczak e Lésniak (2021) buscaram compreender as barreiras para implementação do BIM na indústria de construção civil da Polônia, para isso, foram estudados artigos publicados entre 2009 e 2022, sendo encontradas 23 barreiras, sendo as mais relevantes relacionadas a ausência de especialistas para conduzir o processo BIM, altos custos de implantação e barreiras legais. As autoras perceberam que a implantação do BIM estava associada a fatores que poderiam ser categorizados como técnicos, gerenciais, ambientais, financeiros e legais.

Al Ashmori et. Al (2020) identificaram 14 barreiras pertinentes, sendo as mais comumente citadas a falta de expertise tanto por parte da equipe de projeto quanto da organização, alto custo de investimento, falta de padronizações gerenciais e problemas

legais. Hamma-adama et. Al (2019) analisaram integralmente outros 73 artigos publicados, identificando ao todo 89 barreiras que foram então categorizadas, sendo as cinco principais: contexto, processo, equipe, tarefa e autores. Uma vez que as barreiras foram categorizadas, elas foram agrupadas conforme a similaridade de seus conceitos, reduzindo-se então para 26 diferentes barreiras. Neste trabalho, as mais relevantes foram: ausência de conhecimento em colaboração, ausência de habilidade dos membros da equipe e falta de habilidade com as ferramentas.

Outra questão relevante a ser apontada, são os diferentes resultados obtidos por autores que analisaram as problemáticas pertinentes à gestão BIM em um contexto local. Naturalmente, assim como a indústria apresenta distintos graus de maturidade e especificidades distintas, o BIM também possui barreiras distintas.

Górka, Sbrzypczak e Lésniak (2021) mapearam diferentes publicações, com autores de distintas nacionalidades, de modo a aferir se as diferenças eram significativas ou se haviam pontos em comum. No Quadro 1 são apresentadas as barreiras identificadas pelos autores como as mais relevantes dentro de seus respectivos contextos nacionais.

Quadro 1 – Relação de autores por país

<b>País</b>	<b>Ano de Publicação</b>	<b>Fonte/Autor</b>	<b>3 mais importantes barreiras identificadas</b>
<b>Qatar</b>	2019	Mohammed, A., Hasnain, S.A.; Quadir, A.	Ausência de demanda e fornecedores em BIM;  Arquitetos e engenheiros não treinados devidamente e clientes não cientes dos benefícios.  Nenhuma organização existe no sentido de motivar companhias a implementarem o BIM.
<b>Malásia</b>	2019	Wong, S.Y.; Gray, J.	Falta de educação e treinamento;  Barreiras legislativas;

<b>País</b>	<b>Ano de Publicação</b>	<b>Fonte/Autor</b>	<b>3 mais importantes barreiras identificadas</b>
			Limitações na interoperabilidade e fragmentação.
<b>Hong Kong</b>	2019	Chan, D.W; Olawumi, T.O.; Ho, A,M	Resistência pessoal a mudanças (barreira cultural).  Estrutura organizacional que não comporta o BIM;  Interoperabilidade insuficiente entre softwares de computador.
<b>Estonia</b>	2019	Ullah, K; Lill, I; Witt, E.	Falta de consciência acerca dos benefícios do BIM.  Falta de especialistas BIM.  Falta de demanda do BIM.
<b>Itália</b>	2019	Elagiry, M.; Marino, V.;  Lasarte, N.; Elguezabal, P.;  Messervey, T.	Falta de acurácia em obter informações da construção.  Falta de conhecimento.  Insuficientes dados para realizar modelagem de edifícios.
<b>Nigéria</b>	2020	Olanrewaju, O.I.; Chileshe,  N.; Babarinde, S.A.;  Sandanayake, M.	Falta de conhecimento.  Inexistência de políticas governamentais adequadas.  Alto custo de implementação.
<b>Cazaquistão</b>	2020	Aitbayeva, D.;  Hossain,  M.A.	Pessoas – Ausência de desejo real de mudarem a forma de trabalho para uma forma colaborativa, e a falta de especialistas em BIM.

<b>País</b>	<b>Ano de Publicação</b>	<b>Fonte/Autor</b>	<b>3 mais importantes barreiras identificadas</b>
			<p>Tecnologia- Problemas técnicos de interoperabilidade.</p> <p>Processos – Falta de cooperação entre vários stakeholders, além da falta de suporte governamental.</p>
<b>Iraque</b>	2020	Mahdi, M.M.; Mawlood, D.K	<p>Falta de demanda da parte de clientes ou outras empresas por projetos feitos integralmente através do BIM.</p> <p>Ausência de investimentos relacionados ao BIM.</p> <p>Ausência de padrões nacionais relacionados ao BIM.</p>
<b>Paquistão</b>	2020	Farooq, U; Rehman,  S.K.U.; Javed, M.F.; Jameel, M.; Aslam. F.;  Alyousef, R.;	<p>Falta de regulamentação governamental relativa ao BIM.</p> <p>Ausência de conferências/seminários sobre novas tecnologias, dentre elas o BIM.</p> <p>Resistência em implementar as reestruturações necessárias para a adoção e avanço na maturidade do uso do BIM.</p>
<b>China</b>	2021	Wu, P.; Jin, R.; Xu, Y.; Lin,  F.; Dong, Y.; Pan, Z.	<p>Falta de suporte da gestão superior.</p> <p>Inexperiência na adoção do BIM.</p> <p>Alto custo de softwares BIM, aliados ao desconhecimento dos benefícios alcançados com o BIM.</p>

No Quadro 1, observa-se similaridades entre as barreiras, aferidas como as mais relevantes em distintos artigos compilados por Górká, Sbkrypczak e Lésniak (2021). A seleção de somente três barreiras, elencadas por ordem de relevância tem por objetivo expor de forma mais sintética e resumida os aspectos mais problemáticos de cada país.

Dao et. al (2020) apontaram algumas barreiras significativas para a implementação do BIM em países em desenvolvimento, sendo estas:

- a. Ausência de regulamentação específica sobre o BIM;
- b. Ausência de correlação entre sistemas, trazendo dificuldades para as autoridades ao inspecionar ou supervisionar projetos em BIM;
- c. Ausência de consistência e comprometimento por parte dos Stakeholders;
- d. Ausência de uma formulação contratual que defina claramente responsabilidades;
- e. Ausência de padronização.

Pode-se observar que grande parte das preocupações apontadas se devem a ausência de produção técnico-científica específica, havendo uma demanda elevada de produções científicas que garantam mais confiabilidade a implementação do processo BIM. De acordo com Kheni e Tantawy (2017), dados os benefícios advindos do BIM, pode-se pressupor que sua implementação seria uma alta prioridade para organizações, sendo implementado na maioria, se não em todos os projetos, fortemente apoiado pelos proprietários e demais *stakeholders*. No entanto, tendo em vista tudo que há de ser discutido neste trabalho, esse não é o caso.

Uma vez que foram apresentadas diversas benéfices da implantação do BIM, deve haver uma fundamentação que justifique as dificuldades em sua adoção. Eastman e Sacks (2021) afirmaram haver barreiras técnicas, questões legais e de responsabilização, regulamentação, modelos de negócios inapropriados, resistência às mudanças nos padrões de emprego e a necessidade de educar um grande número de profissionais. Sendo a construção um esforço colaborativo, o BIM permite uma colaboração mais eficiente que o modelo CAD usual, o que demanda uma profunda mudança no fluxo de trabalho e nas relações entre fornecedores.

As ferramentas BIM e os formatos de arquivo IFC não abordam o suporte ao gerenciamento e ao rastreamento de eventuais mudanças nos modelos. Eastman e Sacks



(2021) afirmaram também que os termos contratuais não estão desenvolvidos o bastante para lidar com essas responsabilidades coletivas.

A inovação tecnológica sempre deve ser vista como um desafio e oportunidade, Lidblad e Guerrero (2020) realizaram uma pesquisa que tinha como objetivo definir os papéis dos clientes, sejam eles privados ou públicos, na implementação de inovações na construção. No contexto da construção, frequentemente organizações de clientes são reconhecidas como elementos que possuem um papel definido em criar as condições certas para inovação, onde as grandes obras de infraestrutura podem ser citadas como exemplo, visto que possuem como cliente quase exclusivo o estado, sendo um elemento com grande potencial para implementar inovações.

Segundo Lidblad e Guerrero (2020), em contraste com a visão econômica de que é a disponibilidade de novas tecnologias e recursos que regula a demanda por parte do mercado, os clientes no caso do BIM, podem e devem ter um papel ativo na promoção e implementação desta metodologia.

No entanto, embora haja um comprometimento inicial por parte do poder público, ainda há uma demanda por metodologias de implementação que permitam vencer as barreiras à adoção do BIM, devendo isto ser contextualizado com as necessidades únicas das empresas. Em suma, as barreiras à implementação do processo BIM são diversificadas e interconectadas, isto é, não são elementos únicos passíveis de soluções individuais, mas fazem parte de contextos que se entrelaçam, e por isso demandam soluções holísticas.

### **3.3 *Design Thinking***

Segundo Schneider (2017), *Design Thinking* é uma mentalidade e um conjunto de ferramentas e técnicas que permitem a um projetista inovar em suas soluções, podendo ser aplicado a qualquer contexto, domínio ou problema, permitindo explorar uma gama maior de soluções para problemas distintos.

O *Design Thinking* é fortemente associado a exploração e aprendizado, segundo Beckman e Barry (2007), e segundo Braha e Reich (2003), o processo de *design* é tido como bastante iterativo, exploratório e por vezes caótico. Essa abordagem de múltiplas perspectivas, baseia-se no *Design Participativo*, também conhecido como *co-design*, que

é uma metodologia que enfatiza a participação ativa de todas as partes interessadas no processo de *design*. De acordo com Sanders e Stappers (2008), o *Design Participativo* envolve usuários, *designers*, e outros *stakeholders* no processo de criação desde o início, permitindo que todos influenciem o resultado final. Isso resulta em soluções mais contextualizadas, inclusivas e inovadoras, uma vez que trazem consigo a diversidade de experiências e perspectivas dos participantes.

Martins (2020) destaca a importância do *Design Thinking* (DT) como uma abordagem focada na conexão entre produto e usuário, explorando a empatia entre o projetista e o usuário para compreender suas demandas e especificidades. O autor ressalta que a metodologia do DT promove o desenvolvimento de protótipos e modelos que permitem testes rápidos. No entanto, apesar de suas vantagens, Martins aponta que a implementação do DT ainda é subutilizada no campo da Engenharia Civil, sendo mais frequente no setor de Tecnologia da Informação.

Em contrapartida, a sinergia do *Design Thinking* com a Engenharia de *Design* tem promovido avanços significativos no desenvolvimento de produtos e serviços. Plattner, Meinel, e Leifer (2016) argumentam que o *Design Thinking*, uma metodologia centrada no usuário que utiliza ferramentas cognitivas, estratégicas e práticas, beneficia-se da abordagem empática, colaborativa e experimental. Complementarmente, a Engenharia de *Design*, de acordo com Pahl et al. (2007), busca otimizar produtos técnicos através da aplicação de princípios científicos, matemáticos e de engenharia para criar soluções eficientes e inovadoras.

A combinação dessas duas abordagens converge para a filosofia da engenharia simultânea, ou concorrente, uma prática que visa reduzir o tempo de ciclo de desenvolvimento de produtos, melhorar a qualidade e minimizar os custos, permitindo a colaboração entre disciplinas especializadas desde o início do projeto (Singh et al., 2020). Kumar et al. (2019) reiteram que, à semelhança do *Design Thinking*, a engenharia simultânea prioriza a colaboração interdisciplinar, a experimentação e a iteração.

Assim, o *Design Thinking* surge como um aliado estratégico à engenharia simultânea ou concorrente, fornecendo métodos e técnicas para estimular a colaboração, promover a criatividade e resolver problemas complexos de maneira inovadora (Carlgren et al., 2018). Apesar do reconhecimento da sua relevância e do seu potencial criativo, Shafiee

et al. (2020) apontam que a investigação sobre a aplicação do DT nas organizações ainda é escassa, limitando o entendimento de seus potenciais benefícios. Portanto, é imprescindível mais estudos nessa área para melhor compreender e explorar a eficácia do *Design Thinking* em diversos setores.

Schneider (2017) determinou quatro etapas básicas para o *Design Thinking*, conforme a definição de Norman, sendo estes:

1. Determinar o Real Problema;
2. Buscar por Soluções;
3. Considerar Diversas Opções;
4. Convergi-las em uma Proposta.

Dell’Era (2020) dividiu as etapas de um processo de solução de problemas por *Design Thinking*, atribuindo especificações a cada uma destas. Inicialmente, deve ocorrer a imersão na problemática, explorando o problema, com reuniões que permitam compreender a situação apresentada.

Nesta etapa de imersão, a equipe de Projetos deve revisar a literatura científica e realizar uma análise detalhada em problemas semelhantes. As reuniões têm como função enquadrar o problema sob uma perspectiva e compreensão tal, que possibilitem uma definição assertiva de soluções.

Após a etapa de imersão, segue a etapa de Análise/Síntese, na qual são estudados os grupos focais, a identificação do cliente e a definição dos critérios de seleção de soluções. Após isso, inicia-se a etapa de idealização, onde se cria uma matriz de soluções genéricas que são eventualmente refinadas.

Por fim, devem ser realizadas as prototipagens e assim validadas as soluções apresentadas, devendo essa validação ocorrer considerando desde uma perspectiva interna da equipe de *Design Thinking* quanto dos *Stakeholders* envolvidos no projeto.

Outro importante conceito referente ao *Design Thinking* é a aproximação por convergência e divergência, ou modelo de diamante duplo. Divergir está associado a ampliar o leque de visão de possibilidades, divergir na etapa de problemas permite visualizar diversas possibilidades distintas, a convergência ocorre posteriormente,

quando são identificados quais problemas de fato estão alinhados no contexto apresentado. Em termos de solução, ocorre o mesmo processo, uma divergência inicial entre *Stakeholders*, e uma posterior convergência que leva eventualmente à solução.

O modelo de Diamante Duplo é um quadro de quatro etapas usado para descrever o processo do *Design Thinking*. Foi desenvolvido pelo *Design Council* do Reino Unido e busca capturar o processo não-linear e iterativo do *Design Thinking*. As etapas do Diamante Duplo são:

1. Descobrir (divergir): Explorar amplamente o problema para coletar tantas informações e insights quanto possível.
2. Definir (convergir): Sintetizar a informação coletada na fase de descoberta para definir claramente o problema a ser resolvido.
3. Desenvolver (divergir novamente): Gerar uma ampla variedade de ideias e soluções potenciais para o problema definido.
4. Entregar (convergir novamente): Refinar e melhorar as ideias, testá-las e, finalmente, implementar a solução escolhida.

Esse modelo é chamado de Diamante Duplo devido à sua forma gráfica, onde a primeira parte do diamante representa a abertura do processo de *design* para descoberta e definição do problema, enquanto a segunda parte do diamante representa a abertura para o desenvolvimento e entrega da solução.

No entanto, existem divergências significativas entre diferentes escolas de pensamento em relação à rigidez e sequencialidade das fases do Diamante Duplo. A escola norueguesa, por exemplo, argumenta a favor de um modelo mais fluido e flexível, onde as etapas podem ser revisitadas várias vezes em qualquer ordem, conforme necessário (Sevaldson, 2010). Segundo os autores, isso reflete melhor a natureza complexa e dinâmica dos problemas de *design* na prática. Por outro lado, a escola europeia defende uma abordagem mais estruturada, em que cada etapa é completada antes de passar para a próxima (Kimbell, 2011). Eles argumentam que essa estrutura ajuda a manter o foco e a eficiência no processo de *design*, evitando o risco de se perder em uma proliferação infinita de ideias e informações.

Independentemente dessas divergências, o Diamante Duplo é amplamente reconhecido como uma ferramenta útil para resumir o processo do *Design Thinking*. Ele captura a natureza iterativa e centrada no usuário do *Design Thinking*, onde a compreensão profunda do problema e a geração criativa de soluções são tão importantes quanto a implementação efetiva da solução.

O conceito de *Design Thinking* tem nos últimos anos se direcionado a aplicações mais práticas, Johanson-Skoldberg et. al (2013) tentou esclarecer o conceito de *Design Thinking* distinguindo o desenvolvimento mais acadêmico do conceito mais prático, aplicado no mundo dos negócios. Segundo o autor, algumas distinguem o *Design Thinking* de outras técnicas de inovação, o considerando como uma ferramenta muito apropriada de organizar pensamentos para resolver problemas de forma criativa.

Segundo Schneider (2017), o Design Thinking pode ser usado para criar qualquer coisa, permitindo resolver problemas complexos, pouco definidos, expandindo preliminarmente a barreira da compreensão da problemática antes de adentrar na definição de soluções.

Segundo Micheli et. al (2019) embora haja um clamor em volta da adoção do *Design Thinking*, há um consenso de que ainda falta experimentação de sua aplicação em termos práticos. O autor, objetivando reduzir a distância entre o que o *Design Thinking* que pode ser aquilo que de fato ele tem sido em termos de aplicação, propôs um *framework* baseado em cinco elementos principais que caracterizam o *Design Thinking*: Foco no Usuário, Definição do Problema, Diversidade de Opiniões, Experimentação e Visualização, conforme pode ser observado no Quadro 2.

Quadro 2 – Características do *Design Thinking*

<b>Tema</b>	<b>Prática</b>
Projeto com Foco Humano	Envolve os usuários e tenta criar um vínculo de empatia com as necessidades do cliente.
Definição do Problema	Enquadra e reenquadra a problemática, abraçando a ambiguidade e o senso de discussão.
Diversidade	Pensamento Integrante, Holístico e Colaboração Interdisciplinas.

<b>Tema</b>	<b>Prática</b>
Experimentação	Aprender Fazendo, Falhar com Frequência e rapidamente, divergência e convergência.
Visualização	Tornar as ideias e Insights visuais e tangíveis. Representa conceitos abstratos.

Fonte: DELL'ERA et. al (2020)

### **3.4 BIM e *Design Thinking***

Booshan et. al (2017) afirmaram que embora o BIM possua um conjunto de ferramentas poderosas para simulação e gerenciamento de informações, poucos de seus processos estão relacionadas a identificação de necessidades e na ampliação da capacidade criativa do grupo de projeto, embora a visualização tridimensional e a integração de informações facilitem na definição de soluções, sobretudo nas etapas de Experimentação e Visualização.

Booshan et. Al (2017) aplicaram um novo processo que integrou o DT e o BIM, denominado *Parametric Design Thinking*, em que o DT facilitava na definição de formas geométricas e concepções arquitetônicas e a prototipagem era facilmente testada através das ferramentas BIM.

Martins et. Al (2020) por sua vez afirmou que o processo BIM por si só não possui enfoque na definição de soluções criativas, devendo estas soluções serem obtidas através da experimentação com base em decisões individuais. O *Design Thinking* foi aplicado em sua pesquisa permitindo ao autor definir soluções mais assertivas para implantação de medidas de automação em residências, em que novamente, as ferramentas BIM auxiliaram nas etapas de Experimentação e Visualização dos problemas e soluções.

Em suma, fica evidente que a interseção entre o *Design Thinking* e o BIM oferece uma sinergia interessante, com o viés criativo e focado em interações humanas e na resolução de conflitos.

A aplicação conjunta desses processos pode impulsionar a inovação e a eficiência no setor da construção, resultando em projetos mais sustentáveis e adaptados às necessidades dos

usuários. Contudo, este tema ainda deve ser melhor abordado e explorado. Pesquisas adicionais são necessárias para aprofundar a compreensão das sinergias entre o *Design Thinking* e o BIM, assim como para desenvolver abordagens práticas e ferramentas específicas para a integração efetiva dessas duas abordagens.

### **3.5 *Lean Construction***

De acordo com Koskela et. al (2020), o *Lean Construction* é o meio de estudar minuciosamente o fluxo da produção, de modo a reduzir o desperdício de materiais, tempo e esforço para então se gerar o máximo valor agregado.

Conforme Koskela et al. (2010), a construção enxuta, também conhecida como *Lean Construction*, envolve a aplicação e adaptação dos princípios e conceitos fundamentais do Sistema de Produção Toyota (TPS) ao contexto da indústria da construção. De forma análoga ao TPS, a construção enxuta tem como foco a redução de desperdícios, o aumento do valor para o cliente e a busca pela melhoria contínua.

A produção enxuta (*Lean production*) foi inicialmente cunhada por Taiichi Ohno, um mestre do pensamento enxuto, na década de 1950. A Toyota manteve-se lucrativa todos os anos, de 1950 a 2008, até a recessão global e o aumento dos preços do petróleo (Ohno, 1950, p.11). No entanto, o termo "produção enxuta" foi apresentado por Krafcik em 1988, membro da equipe de pesquisa do *International Motor Vehicle Programme* no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) (Krafcik, 1988, citado por Ohno, 1950).

O conceito de Construção Enxuta foi posteriormente estudado por Womack et al. (1990) em seu livro "*The Machine That Changed the World*" (Womack et al., 1990). Koskela (1992) foi um dos pioneiros da abordagem enxuta que desenvolveu os princípios enxutos com o objetivo de maximizar o valor para os clientes enquanto minimiza o desperdício.

O modelo de transformação-fluxo-geração de valor na produção é fundamental para a construção enxuta, pois facilita o fluxo das etapas com a eliminação de atividades que não agregam valor (Womack et al., 1990 e Koskela, 1992). Práticas da construção enxuta incluem experiência em planejamento "*just-in-time*", uso efetivo do agendamento puxado (*pull-driven scheduling* ou *pull-planning*), redução da variabilidade na produtividade da

mão de obra e melhoria na confiabilidade do fluxo (Womack et al., 1990 e Koskela, 1992).

Embora muitos dos princípios e ferramentas do TPS possam ser diretamente aplicados na construção, Koskela et al. (2010) destacam a existência de princípios e ferramentas específicas na construção enxuta, as quais foram adaptadas às particularidades e complexidades do setor. Essas particularidades enfatizam a necessidade de uma abordagem direcionada, considerando os desafios e requisitos únicos do setor da construção. Dessa forma, compreender e aplicar adequadamente tais princípios e ferramentas específicas tornam-se elementos essenciais para o sucesso da construção enxuta, bem como para a promoção da eficiência e produtividade no setor da construção (KOSKELA et al., 2010).

O *Lean Construction* pode ser considerado semelhante ao conceito de *Lean Thinking*, que, de acordo com Schneider (2017), é uma filosofia de gerenciamento que visa otimizar qualquer sistema que gere valor, abrangendo diversas organizações, não se limitando exclusivamente ao setor da construção.

Assim, o *Lean* não se restringe a um conjunto de métricas para garantir o alcance dos objetivos de um modelo ou sistema produtivo específico. É, na verdade, uma mentalidade que deve orientar todos os princípios da organização, independentemente do segmento em que atue.

Schneider (2017) apresentou um resumo do *Lean Thinking*, associando os principais valores e princípios, conforme apresentado no Quadro 3.

Quadro 3 – Princípios do *Lean Thinking*

<b>Valores</b>	<b>Princípios</b>
<b>Aprendizado e Adaptação ao invés de Análise e Previsão</b>	Testar crenças através do fazer, não apenas análises frias. Adotar um pensamento científico na tomada de decisões.



<b>Valores</b>	<b>Princípios</b>
<b>Pessoas empoderadas são mais produtivas e alcançam melhores resultados</b>	Definição de metas claras, provendo autonomia e confiança para a equipe, descentralizando a tomada de decisões.
<b>Resultados Acima de Esforço</b>	Performance não deve ser mensurada por quanto trabalho é realizado, mas pelo valor daquilo que é efetivamente entregue.
<b>Gerenciar o Fluxo de Valor</b>	Gerenciar e Reduzir Desperdícios, focando naquilo que agrega resultado. Responder a demanda do cliente ao invés de focar em estoques (Planejamento Puxado).
<b>Qualidade é um Resultado, não uma Atividade</b>	Construir a Qualidade nos processos. Aprender continuamente e perseguir a perfeição.

Fonte: Adaptado de Schneider (2017).

Sob uma perspectiva ampla, o conceito de "*Lean*" está intrinsecamente relacionado a abordagens enxutas aplicadas tanto na construção como na produção e áreas afins. Essas abordagens frequentemente envolvem uma busca por flexibilidade estrutural, incluindo reestruturação, redução de tamanho e terceirização, como destacado por Green e May (2005).

Especificamente no contexto da construção enxuta, que se origina da filosofia e das técnicas enxutas empregadas na produção industrial (Koskela, 1997 e Howell, 1999), Ballard e Howell (1997) identificam dois princípios fundamentais para alcançar um fluxo de trabalho estável e implementar a construção enxuta. Esses princípios consistem em estruturar o fluxo de entrada e aprimorar o desempenho do processo de produção em sua fase subsequente.

Essa integração entre teoria e prática da construção enxuta também é abordada por Salem et al. (2006), que desenvolvem quatro princípios básicos: controle da variância do fluxo, nivelamento do processo, transparência no trabalho e melhoria contínua. Esses princípios

são fundamentais para otimizar a eficiência e promover aprimoramentos contínuos na construção enxuta.

O trabalho aqui desenvolvido, contudo, traz como enfoque aspectos mais práticos do *Lean*, isto é, como seus princípios podem nortear mudanças na seara de pessoas, processos e tecnologia, em que não se pode deixar de citar o trabalho fundamental de Koskela et. al (2010), denominado “*Interaction of Lean and Building Information Modelling in Construction*”.

Koskela et. al (2010), através de mapeamento na literatura e validação mediante aplicação de entrevistas e da escala *Likert*, elencou diversos princípios pertinentes do *Lean*, sendo eles:

- a) Reduzir Variabilidade: Este é um princípio fundamental que foi derivado de duas áreas: engenharia industrial e engenharia da qualidade. Na teoria estatística da qualidade, desenvolvida por Shewhart em 1931, o objetivo é reduzir a variabilidade nas características significativas do produto. Na compreensão baseada na teoria das filas de produção, conforme Hopp e Spearman em 1996, o objetivo é reduzir a variabilidade temporal dos fluxos de produção. Esses dois tipos de variabilidade interagem de maneira complexa.
- b) Reduzir Tempo de Ciclos: Devido à expansão da variabilidade, este princípio pode ser utilizado como um impulsionador para a redução da variabilidade. No entanto, a redução nos tempos de ciclo também possui valor intrínseco. Devido à conexão entre o trabalho em progresso e o tempo de ciclo, este princípio é aproximadamente equivalente à redução de estoques. Na construção, a redução nos tempos de ciclo deve ser focada em diversos níveis de análise: duração total da construção, estágio da construção, fluxo de materiais (da fábrica à instalação) e tarefa (Koskela, 2000).
- c) Redução de Estoques: Redução no tamanho dos lotes. A busca por fluxo contínuo é uma técnica eficaz para reduzir a expansão dos tempos de ciclo devido à produção em lotes. Na construção, são necessárias abstrações conceituais de "produtos" que podem ser contados em um lote. Esses são comumente pré-definidos como conjuntos embalados de tarefas realizadas em espaços distintos, como apartamentos (Sacks e Goldin, 2007).

- d) Aumentar a Flexibilidade: A flexibilidade pode estar associada à capacidade e capacidade das estações de trabalho, rotas, etc. A flexibilidade reduz os tempos de ciclo e simplifica o sistema de produção. Na construção, equipes generalistas fornecem um exemplo. Tempos de configuração ou troca reduzidos aumentam a flexibilidade de roteamento com tempos de ciclo curtos.
- e) Padronizar: A padronização do trabalho serve a diversos objetivos. A variabilidade temporal e de características do produto podem ser reduzidas, e a melhoria contínua é possibilitada. Os funcionários também são capacitados para melhorar seu trabalho.
- f) Instituir melhoria contínua: Por meio da melhoria contínua, a variabilidade pode ser reduzida e a tecnologia melhorada incrementalmente. A base para a melhoria contínua foi fornecida pelo método científico de experimentação para melhoria (Shewhart, 1931) e é conhecida atualmente como ciclo *Deming*. A melhoria contínua é uma forma deliberada, institucionalizada e sistemática de melhoria, e, portanto, em muitos aspectos, vai além do mero aprendizado (como abordado pelo conceito da curva de aprendizado).

Dessa forma, o conceito de "*Lean*" abrange tanto a construção enxuta quanto outras abordagens enxutas aplicadas na produção e em setores relacionados, buscando aprimorar a eficiência e a flexibilidade estrutural. A implementação desses princípios fundamentais na construção enxuta permite estabelecer um fluxo de trabalho estável e promover melhorias contínuas no processo de produção.

A Construção Enxuta foi introduzida na indústria da construção com o objetivo de melhor gerenciar os processos construtivos. No entanto, a implementação da abordagem enxuta ainda é um desafio para a maioria dos profissionais do setor devido várias razões, como falta de compreensão sobre o *Lean*, percepção equivocada das práticas enxutas ou falta de expertise para aplicar tais práticas (BARAKAT et. Al, 2021).

Assim como ocorre com o *Building Information Modeling* (BIM), a implementação do *Lean* também apresenta dificuldades (Bayhan et al., 2019). No entanto, é importante ressaltar que, quando aplicados conjuntamente, esses dois conceitos podem se complementar e agregar valor aos processos construtivos (Sacks et. Al, 2021).

Há que se distinguir o *Lean* dos demais conceitos abordados neste trabalho, posto que cada um desses conceitos se originou de diferentes contextos e tem suas particularidades únicas. Assim, pode-se dizer que o *Lean* é uma filosofia mais abrangente que engloba tanto princípios quanto práticas e, em sua essência, é um sistema de pensamento que permeia todas as atividades de uma organização.

Conforme enfatizado por Shingo e Forsberg (2021), a abordagem *Lean* vai além de uma coleção de práticas e técnicas isoladas. É uma filosofia que permeia toda a organização e se preocupa com a eficiência do sistema como um todo, em vez de se concentrar apenas em componentes individuais.

Em contraste, *Agile* e *Design Thinking* são metodologias mais focadas na resolução de problemas, que foram desenvolvidas para enfrentar a incerteza e a complexidade em projetos de desenvolvimento de *software* e *design* de produto, respectivamente. Ambos se concentram na adaptabilidade, iteratividade e no envolvimento do cliente, mas não possuem a profundidade filosófica que é intrínseca ao *Lean*.

Segundo Narayanan et al. (2021), embora o *Agile* e o *Design Thinking* possam ser complementares ao *Lean*, eles não têm o mesmo escopo ou profundidade que o *Lean*. O *Agile* e o *Design Thinking* fornecem ferramentas e técnicas que podem ser usadas dentro de uma filosofia *Lean*, mas não substituem a necessidade de uma filosofia *Lean* mais abrangente.

Assim, embora esses três conceitos possam ser usados juntos para melhorar a eficiência e a eficácia do trabalho, é importante distinguir o *Lean* como uma filosofia mais profunda e abrangente.

Portanto, a compreensão dos fatores que facilitam e dificultam a implementação do *Lean* na indústria da construção é crucial para alcançar operações mais eficientes e produtivas. Ao superar as barreiras identificadas e aproveitar os facilitadores, é possível promover a adoção bem-sucedida do *Lean* e do BIM, melhorando significativamente os resultados e a qualidade dos projetos de construção.

### 3.6 BIM e *Lean Construction*

Na indústria da construção civil, diversos autores tomam o BIM como elemento fundamental, e sua implementação como condição vinculante para que se possa adentrar na chamada Indústria 4.0. Paralelamente, começou a ser difundido na literatura o conceito de *Lean Construction* 4.0 em referência à essa nova fase dos processos construtivos.

De acordo com Cacuzza (2022), a essência da LC4.0 reside na promoção de um novo paradigma na indústria da construção, possibilitando uma integração mais efetiva entre os projetistas, fabricantes, construtores e proprietários por meio de um ambiente interoperável e informado. Essa transformação é impulsionada pela aplicação sábia de instrumentos digitais, conduzidos por profissionais capacitados. Em síntese, a LC4.0 propicia a adoção de um ambiente colaborativo e tecnológico, onde os diversos agentes envolvidos na construção podem atuar de forma sinérgica, resultando em benefícios significativos para o setor.

De acordo com o autor, a abordagem holística da Construção Enxuta 4.0 envolve os três aspectos essenciais dos objetos arquitetônicos: Processo, Projeto e Produto. A estrutura teórica estabelecida representa um desenvolvimento do modelo Estrutura/Envoltória (S/E), em que a construção é transformada em uma montagem seca de componentes, ao invés de um processo construtivo baseado em gravidade e início a partir de matérias-primas brutas. Essa mudança paradigmática reflete uma evolução significativa na concepção e execução da construção, com o intuito de otimizar a eficiência e promover maior sustentabilidade no setor.

Nesse contexto, a utilização de tecnologias e processos advindos do BIM podem colaborar para uma significativa progressão mútua das competências do setor. De acordo com Sacks et al. (2010), o Pensamento Enxuto, assim como o Modelagem da Informação da Construção (BIM), tem o potencial de promover mudanças significativas na Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO). Nos últimos vinte anos, ambas as metodologias tornaram-se atributos inerentes ao projeto nos processos de engenharia, visando melhorar a qualidade da documentação e a previsibilidade (Wang et al., 2013; Yang, Ergan, 2016; Ivson et al., 2018).

Recentemente, houveram extensas pesquisas nas áreas individuais da construção enxuta e do Modelagem da Informação da Construção (BIM). No entanto, parece haver uma quantidade significativamente menor de pesquisas que explorem coletivamente essas duas áreas. O autor Koskela (2017) destaca que existe uma lacuna na investigação da sinergia entre as áreas de BIM e construção enxuta. Os próximos parágrafos descrevem os esforços realizados para explorar essa sinergia entre as áreas de BIM e construção enxuta.

A principal aplicação do *Lean Production* na construção civil é o *Lean Construction*, que se diferencia do *Lean Production* em seus métodos e enfoques, mas partilha dos mesmos princípios. Segundo Eastman e Sacks (2021), devem haver alterações significativas na adaptação de um processo de uma indústria como a mecânica, para a civil. Porém, o BIM permite potencializar sinergicamente de maneira significativa diversas das características do *Lean*.

Tanto a abordagem *lean* quanto o *Building Information Modeling* (BIM) têm despertado um interesse crescente na indústria da construção. Seu desenvolvimento no setor tem seguido trajetórias específicas e independentes, com poucas interconexões nas fases iniciais. À medida que esses conceitos têm se tornado mais amplamente adotados, as possíveis sinergias entre essas abordagens têm começado a ser exploradas, despertando interesse na utilização do BIM como facilitador da implementação do *lean*. Alguns pesquisadores têm discutido a combinação dessas duas abordagens, como é o caso da discussão seminal sobre as sinergias entre elas apresentada por Sacks et al. (2010).

Esses estudiosos realizaram uma análise da relação entre o BIM e os princípios *lean*, fornecendo um arcabouço conceitual e teórico relevante para tal análise. No entanto, é possível identificar uma lacuna de conhecimento na ausência de uma análise mais detalhada das sinergias entre o *lean* e o BIM, em que os princípios *lean* sejam implementados nas práticas BIM, o que poderia viabilizar uma aplicação ainda mais prática dessas abordagens (Mariz & Picchi, 2021).

Uma das principais dificuldades enfrentadas pelo setor de manufatura atualmente é gerenciar diversos recursos de forma interdisciplinar e integrada. Vários estudos em planejamento e controle da produção têm sido realizados com base no Pensamento Enxuto (Khadem et al., 2008; Romero, Martín, 2011; Chong et al., 2013; Serrano, 2016)

com o objetivo de reduzir desperdícios e tempo de ciclo, melhorar a produtividade e eficiência, e agregar valor às operações. A construção possui um método de gestão disperso. Esse setor necessita adaptar processos e procedimentos visando uma abordagem mais integrada para harmonizar tecnologia e pessoas em direção a metas estratégicas. De acordo com Sacks et al. (2010), o Pensamento Enxuto, assim como a Modelagem da Informação da Construção (BIM), tem o potencial de promover mudanças significativas na Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO). Nos últimos vinte anos, ambas as metodologias se tornaram atributos inerentes ao projeto nos processos de engenharia, visando melhorar a qualidade da documentação e a previsibilidade (Wang et al., 2013; Yang, Ergan, 2016; Ivson et al., 2018).

O Pensamento Enxuto e o BIM, de acordo com Sacks et al. (2010), são iniciativas não relacionadas e, na fase atual de ambos, é provável que profissionais e empresas ainda estejam no início da curva de aprendizado em cada abordagem. No entanto, se a sinergia entre eles for devidamente compreendida, ambas as metodologias podem ser exploradas em prol da melhoria dos processos de engenharia e AEC. Por outro lado, Arayici et al. (2011) afirmam que a implementação do BIM nas empresas ainda enfrenta desafios. A falta de orientação ou estudos práticos para apoiar os usuários e impulsionar melhorias no conhecimento relacionado ao BIM é uma das principais razões que impedem uma adoção mais ampla. Isso consequentemente reduz os avanços em produtividade, eficiência e qualidade (Nascimento et al., 2022).

Ao considerar a fase do projeto na qual os estudos têm se concentrado, é possível identificar outra lacuna de conhecimento nessa discussão. Santos, Costa e Grilo (2017) apontaram que, embora as pesquisas sobre BIM e gestão de construção tenham aumentado ao longo dos anos, ainda são escassas em comparação aos estudos realizados em outras áreas, como o *design*. Por outro lado, os princípios *lean* têm encontrado mais aplicações na fase de construção em relação às demais fases do projeto (Picchi & Granja, 2004).

Além disso, é importante destacar que novos conceitos, como *Lean Office* e *Obeya Room*, surgiram nos últimos anos, contribuindo ainda mais para o avanço das práticas *lean* na indústria da construção (Mariz & Picchi, 2021). Esses conceitos inovadores têm recebido atenção por oferecerem soluções potenciais para aprimorar a gestão e a comunicação de

projetos, promovendo maior eficiência e colaboração entre os envolvidos. No entanto, são necessárias mais pesquisas para explorar de forma abrangente a integração desses conceitos emergentes com as metodologias *lean* e BIM em projetos de construção.

Segundo o BIM Handbook, de Eastman et. al (2021), a aplicação conjunta do *Building Information Modeling* (BIM) e do *Lean* na indústria da construção apresenta uma série de elementos sinérgicos que podem resultar em benefícios significativos em termos de eficiência, qualidade e colaboração. Segundo Li et al. (2022), a integração do BIM com o *Lean* possibilita uma gestão visual e comunicação eficiente de informações ao longo de todas as fases do projeto, permitindo uma melhor tomada de decisões embasada em informações precisas. Além disso, a adoção dos princípios *Lean* na implementação do BIM proporciona a aplicação de métodos de melhoria contínua e a redução de desperdícios (Zhang et al., 2021).

A colaboração entre as equipes também é um elemento sinérgico importante na aplicação conjunta do BIM e do *Lean*. Segundo Xu et al. (2021), o BIM permite a troca de informações em tempo real e a coordenação efetiva entre as equipes multidisciplinares. Por exemplo, por meio do BIM, os projetistas, engenheiros e construtores podem trabalhar de forma simultânea no mesmo modelo, compartilhando informações e reduzindo conflitos (Ahmed et al., 2022). Já o *Lean* enfatiza a importância da colaboração e do trabalho em equipe, promovendo a integração dos diversos envolvidos no projeto (Xiong et al., 2021).

Um exemplo concreto da aplicação conjunta do BIM e do *Lean* é a utilização do *Last Planner System* (LPS). Segundo Park et al. (2022), o LPS é uma metodologia *lean* que pode ser integrada ao BIM para a programação visual do projeto, permitindo um planejamento detalhado e colaborativo das atividades. Os prazos de cada atividade são definidos e atualizados no modelo BIM, facilitando o acompanhamento do progresso da obra (Zhang et al., 2022).

Outro exemplo é a implementação de práticas de produção enxuta em canteiros de obra, utilizando o BIM como ferramenta de suporte. Segundo Wang et al. (2021), o BIM possibilita uma melhor organização e coordenação dos fluxos de trabalho, otimizando a distribuição de recursos e materiais. Por meio do BIM, é possível simular a movimentação



de equipamentos e materiais no canteiro, identificando as rotas mais eficientes e minimizando deslocamentos desnecessários (Li et al., 2022).

Em resumo, a aplicação conjunta do BIM e do *Lean* na indústria da construção oferece uma série de elementos sinérgicos que podem melhorar a eficiência, a qualidade e a colaboração nos projetos. A gestão visual e a comunicação eficiente, a aplicação de princípios *lean* de melhoria contínua e a promoção da colaboração entre as equipes são exemplos desses elementos sinérgicos. A integração do *Last Planner System* (LPS) e a implementação de práticas de produção enxuta são exemplos concretos de como o BIM e o *Lean* podem ser aplicados em conjunto para obter resultados superiores na construção. Essa combinação permite um melhor planejamento, uma execução mais eficiente e uma maior satisfação do cliente, contribuindo para o sucesso dos empreendimentos.

### **3.7 Método Agile**

Segundo Parada et. Al (2018) as metodologias ágeis se baseiam em ciclos iterativos com produções independentes, na quebra de um núcleo central de planejamento, de execução etc, sendo substituídos por equipes menores e com maior autonomia, permitindo execuções independentes e ágeis, o que garante maior flexibilidade a qualquer processo produtivo e reduzem riscos, uma vez que os processos iniciam e terminam sempre com a entrega de elemento com valor agregado.

A metodologia *Agile* tem sua origem no Manifesto *Agile* criado em 2001, embasado em um contexto de diversas técnicas de administração presentes nos anos 90, sendo corroborado por (Beck et. al, 2001), que definiu doze princípios base do trabalho *Agile*:

Princípio 1. Nossa prioridade máxima é satisfazer o cliente através da entrega contínua e precoce de *software* valioso.

Princípio 2. Acolhemos requisitos mutáveis, mesmo em estágios avançados do desenvolvimento. Processos ágeis aproveitam as mudanças para vantagem competitiva do cliente.

Princípio 3. Entregamos *software* funcional com frequência, de algumas semanas a alguns meses, preferindo a escala de tempo mais curta.

Princípio 4. Pessoas de negócios e desenvolvedores devem trabalhar juntos diariamente durante todo o projeto.

Princípio 5. Construa projetos em torno de indivíduos motivados. Dê a eles o ambiente e o apoio de que precisam, e confie neles para fazer o trabalho.

Princípio 6. O método mais eficiente e eficaz de transmitir informações para dentro de uma equipe de desenvolvimento é a conversa presencial.

Princípio 7. *Software* funcional é a principal medida de progresso.

Princípio 8. Processos ágeis promovem o desenvolvimento duradouro. Os patrocinadores, desenvolvedores e usuários devem ser capazes de manter um ritmo constante indefinidamente.

Princípio 9. A atenção contínua à excelência técnica e ao bom *design* aprimora a agilidade.

Princípio 10. Simplicidade: a arte de maximizar a quantidade de trabalho não realizado é essencial.

Princípio 11. As melhores arquiteturas, requisitos e designs emergem de equipes autogerenciáveis.

Princípio 12. Em intervalos regulares, a equipe reflete sobre como se tornar mais eficaz, e ajusta seu comportamento de acordo.

Halin (2021) elencou uma ordem de prioridades no que tange a tomada de decisões em processos ágeis. Indivíduos e Interações ao invés de Processos e Ferramentas, *Softwares* Operacionais (Ou Produto Entregue Operacional) ao invés de Documentação, Colaboração com o Cliente ao invés de Negociações Contratuais e Responder a mudanças ao invés de Seguir estritamente um plano.

Segundo Leicht et. al (2020) as metodologias ágeis permitem que empresas de Construção Civil e Arquitetura atuem com menor risco, visto que o princípio de trabalho com entregas rápidas e volumes menores garante sempre um saldo contratual junto ao cliente, em que na ocorrência de um eventual rompimento de contrato, já ocorreram entregas parciais, o que garante uma maior segurança ao investimento despendido por parte da equipe de produção, tendo-se em vista que projetos de engenharia frequentemente são multidisciplinares e que trabalhar em ciclos curtos pode otimizar o processo, reduzindo custos.

### 3.8 BIM e Agile

Segundo Leicht et. al (2020) as ferramentas mais comuns de planejamento, controle de custos e gestão de obras não é suficiente para garantir um planejamento mais *Agile*, capaz de computar com maior velocidade mudanças de escopo e prazos.

No método *Agile*, há uma dinâmica maior nas operações, requerimentos de projeto e tarefas são agrupadas e listadas desde a fase inicial, decorrendo daí um processo iterativo que consiste no planejamento de tarefas, planejamento de execução e revisão de todas as etapas (Leicht et. al, 2020).

Conforme afirmou Sacks (2010), a essência por trás dos métodos ágeis são a abordagem *Lean*, que foi implementada dentro da metodologia *Agile* e adaptada ao setor da construção, trazendo ênfase na redução de variação, adoção de planejamento puxado, fluxo contínuo e redução de desperdícios.

Dallasega et. al (2021) afirmaram que um dos maiores desafios à uma efetiva industrialização da construção civil é o setor de suprimentos, sendo a adoção de metodologias ágeis na organização destes setores, juntamente ao volume e precisão das informações e especificação de insumos e sistemas obtidos através do BIM, uma forma de tornar este *déficit* do setor em um elemento mais produtivo que agregue para um melhor resultado da construção.

Tomek e Kalinichuk (2015) afirmaram que BIM e Método *Agile* são duas ferramentas com diversos elementos em comum, descrevendo o BIM como um elo que força o Método *Agile* a atuar com maior efetividade na construção civil. A associação comunicativa entre o BIM e o Método *Agile* é explicada pelo próprio ciclo de vida de qualquer projeto de edificação, onde o método *Agile* é beneficiado pela integração das informações do BIM e utiliza suas ferramentas para realizar projetos e testes de forma mais rápida.

Tomek e Kalinichiuk (2015) determinaram pontos em comum entre o BIM e o Método *Agile*, conforme quadro 4, sendo eles:

1. Melhoria no Entendimento e Implementação dos Requerimentos de Projeto;
2. Melhoria na Comunicação e Cooperação entre Stakeholders de Projeto;
3. Melhoria da Efetividade da Equipe de Projeto;

4. Redução de Retrabalhos Devido a Omissões;
5. Redução do Tempo e Custo de Projeto.

Quadro 4 – Comparação entre Método *Agile* e BIM

<b>Problemática</b>	<b>Agile</b>	<b>BIM</b>
<b>Conceito</b>	Técnica de Planejamento	Método de Gestão de Projetos
<b>Principais Princípios</b>	Redução das fases de construção	Criação de Modelos de Informação, Colaboração em Equipe e Eficiência na Comunicação
<b>Objetivo</b>	Redução do Tempo de Projeto	Eliminar Omissões e Retrabalhos

Fonte: Tomek e Kalinichiuk (2015)

Segundo Fazeli et. al (2020) a metodologia *Agile* pode ser aplicada em diversos níveis e escopos dentro da indústria da construção civil, apresentando potencial sinérgico significativo referente às etapas iniciais de projeto, orçamento e planejamento, visto que permite que equipes menores entreguem com mais eficiência os documentos iniciais do contrato, com menores riscos.

A integração do Método *Agile* e BIM apresenta um potencial significativo na aplicação conjunta, oferecendo benefícios e melhorias na implementação de projetos de construção e na gestão do ciclo de vida das edificações. Autores relevantes têm discutido essa integração e destacado as vantagens resultantes dessa abordagem sinérgica.

Segundo Tomek e Kalinichuk (2015), o Método *Agile* é conhecido por sua eficácia em termos de eficiência de processos. Ele enfatiza a interação e colaboração contínua entre as equipes, bem como a capacidade de resposta rápida às mudanças e necessidades do cliente. Esses princípios são altamente relevantes para a implementação do BIM, pois o BIM envolve a criação e compartilhamento de informações em tempo real, exigindo uma abordagem flexível e adaptável.

Além disso, Canan et al. (2017) destacaram a importância da agilidade em projetos de construção, especialmente em um ambiente complexo e sujeito a mudanças frequentes. A aplicação do Método *Agile* no contexto do BIM pode permitir uma melhor gestão de prazos, redução de riscos e maior eficiência nas atividades de modelagem, colaboração e coordenação entre as disciplinas.

Burton et al. (2021) também mencionaram a capacidade do Método *Agile* de promover a comunicação e a transparência entre as equipes envolvidas em um projeto de construção. Isso é fundamental para o BIM, em que a troca de informações entre os diferentes *stakeholders* é essencial. A abordagem *Agile* incentiva a colaboração e a responsabilidade compartilhada, resultando em um melhor alinhamento entre os membros da equipe e uma compreensão mais clara das metas e requisitos do projeto.

No entanto, é importante ressaltar que a integração do Método *Agile* e BIM também apresenta desafios. Whitmore et al. (2020) discutiram a necessidade de adaptar os princípios ágeis para atender às especificidades do setor da construção e às demandas do BIM. Isso requer uma compreensão profunda das práticas ágeis e a capacidade de adaptá-las para lidar com as complexidades e restrições do ambiente da construção.

A aplicação conjunta do Método *Agile* e BIM tem o potencial de melhorar a qualidade do projeto, reduzir os custos e otimizar os processos de construção. No entanto, mais pesquisas são necessárias para aprimorar essa integração e desenvolver abordagens específicas que aproveitem ao máximo as sinergias entre esses dois conceitos. Estudos futuros podem explorar casos de sucesso, identificar melhores práticas e fornecer diretrizes para a implementação eficaz do Método *Agile* em projetos de construção que utilizam o BIM.

### **3.9 *Design Thinking, Lean Construction e Método Agile***

É possível de antemão estabelecer correlações conceituais entre as metodologias ágeis e o modelo de *Lean Startup*, sobretudo devido ao fato de os conceituadores da metodologia *Agile* terem se inspirado grandemente nas concepções de produção enxuta.

Podemos associar as semelhanças entre os modelos *Lean* e *Agile* em como ambas abraçam a ideia de mudança, trabalhando em ciclos iterativos de otimização. Ambas apresentam como característica a valorização das pessoas acima dos processos,

incentivando o desenvolvimento do potencial transformador do indivíduo (Schneider, 2017).

No entanto, há diferenças notórias. A metodologia *Agile* possui um enfoque em ser capaz de entregar eficientemente um produto, o valor do processo está naquilo que é efetivamente entregue e produzido, e na capacidade de atender às demandas, enquanto no sistema *Lean Startup*, há um fluxo de valor em todo o processo, desde a concepção, a captação e pesquisa de mercado até o contato com o cliente.

Segundo Schneider (2017), os conceitos de *Design Thinking*, Metodologia *Agile* e *Lean Startups* podem coexistir, havendo diversos pontos comuns entre as metodologias. A mentalidade *Lean* leva a contínua experimentação para identificar as melhores práticas, uma vez que há um enfoque na redução de desperdícios e otimização do valor do processo, há uma mentalidade orientada pelos processos.

O *Design Thinking* por sua vez busca compreender problemáticas, explorando oportunidades e possibilidades, havendo, portanto, um enfoque no estudo do problema, e não apenas na busca rápida pela solução.

A metodologia *Agile* possui um enfoque na independência e autonomia visando o atendimento de demandas, o valor do processo está na capacidade de cada equipe gerir-se entregando resultados. A revisão sistemática na literatura permitiu aferir como estes conceitos podem otimizar o processo de gestão de projetos em BIM e superar as barreiras para uma gestão BIM com maior grau de maturidade.

Na indústria da construção civil, a integração de conceitos como *Lean Construction*, Método *Agile*, *Design Thinking* e BIM tem o potencial de aumentar a eficiência, a cooperação e a inovação nos projetos e processos de construção. Todos esses métodos têm coisas em comum e podem ser usados para melhorar os resultados e superar os problemas que o setor enfrenta. Vamos examinar essas semelhanças e como esses conceitos podem ser combinados neste artigo.

O *Lean Construction* é uma abordagem de gestão com o objetivo de reduzir o desperdício, aumentar a produtividade e criar valor para o cliente. Koskela (2000) afirma que o *Lean Construction* enfatiza o envolvimento, a cooperação e a melhoria contínua para todos os que participam do processo construtivo. Essas ideias estão alinhadas com as bases do Método *Agile*, que busca flexibilidade, interação constante e adaptabilidade. O objetivo de ambas as abordagens é aumentar a eficiência dos processos construtivos, reduzir os

retrabalhos e otimizar o fluxo de trabalho (Bertelsen et al., 2013).

O *Design Thinking*, por outro lado, oferece uma perspectiva centrada no *being* humano para a resolução de problemas complexos. Segundo Brown (2008), esse método valoriza a prototipagem iterativa, a criatividade e a compreensão das necessidades dos usuários para criar soluções inovadoras. Os princípios do Método *Agile* e da Construção enxuta se alinham com essa ênfase em empatia, cooperação e experimentação. Isso permite uma abordagem mais abrangente e centrada do cliente na indústria da construção (Sage et al., 2017).

A potencialidade aumenta ainda mais quando esses três conceitos são integrados com o uso do BIM. O gerenciamento de informações digitais em modelos tridimensionais e visualizações virtuais do projeto e análise de dados em tempo real são possíveis com a metodologia *Building Information Modeling* (BIM). Como fornece uma plataforma colaborativa e compartilhada para a troca de informações e a tomada de decisões, o BIM fornece uma base sólida para a aplicação de princípios *Lean*, *Ágeis* e *Design Thinking* (Zhang et al., 2019).

A indústria da construção civil pode obter grandes benefícios se esses conceitos forem aplicados em conjunto. A combinação do Método *Agile* com o *Lean Construction* pode aumentar a eficiência operacional, resultando em equipe mais colaborativa, comunicação mais fluida e maior entrega de valor ao longo do ciclo de vida de um projeto (Sacks et al., 2010). Além disso, essa abordagem permite uma resposta mais rápida às alterações e uma melhor adaptação aos eventos imprevistos que ocorrem ao longo do projeto.

O *Design Thinking* e o *Lean* e o *Agile* são usados na construção civil para promover uma abordagem centrada do usuário que leva em consideração as necessidades, desejos e experiências do cliente. Isso pode levar a projetos mais alinhados com os requisitos do cliente, com alternativas inovadoras e distintas (Omar et al., 2020). O *Design Thinking* também estimula a criatividade e a experimentação, o que leva a melhores soluções e melhores processos construtivos.

A colaboração ainda mais eficaz entre as equipes de projeto, construção e operação é possível quando essas abordagens são combinadas com o uso do BIM. O BIM fornece uma plataforma digital compartilhada em que todas as partes envolvidas podem acessar

e atualizar as informações do projeto em tempo real. Isso reduz erros, retrabalhos e conflitos, ao mesmo tempo em que facilita a comunicação, a coordenação e a colaboração entre as equipes (Eastman et al., 2011).

É importante enfatizar que a incorporação desses conceitos não é uma tarefa fácil e requer uma mudança de mentalidade e cultura dentro das organizações do setor da construção civil. É necessário investir em treinamento e capacitação das equipes, incentivar a liderança colaborativa e promover a troca de experiências e conhecimento entre os profissionais (Debnath et al., 2020).

Considerando a vastidão de problemáticas associadas à implementação do *Building Information Modelling* (BIM) nas organizações, é plausível afirmar que a incorporação de princípios e práticas oriundos do *Lean*, *Agile* e *Design Thinking* pode ser altamente benéfica para superar tais desafios. Estes três paradigmas oferecem abordagens complementares que permitem abranger uma gama mais ampla de problemas, desde questões de eficiência e qualidade dos processos (onde o *Lean* se destaca), até desafios relacionados à inovação e adaptabilidade (domínios do *Agile* e *Design Thinking*).

É importante enfatizar, contudo, que a complexidade das barreiras à implementação do BIM sugere que muitas vezes elas são multifatoriais, envolvendo aspectos técnicos, organizacionais, culturais e mesmo individuais. Portanto, a resposta para superá-las não pode ser unidimensional. Nesse sentido, a combinação de *Lean*, *Agile* e *Design Thinking* pode fornecer uma abordagem mais holística, permitindo que se lidere com a diversidade e multiplicidade das causas que originam as barreiras à implementação do BIM.

Entretanto, vale frisar que a aplicação destes três paradigmas não é uma panaceia. Cada um desses enfoques tem suas particularidades e nem todas as práticas serão adequadas para todas as organizações ou situações. É fundamental que cada organização compreenda seus próprios desafios e contextos e aplique as práticas e princípios do *Lean*, *Agile* e *Design Thinking* de maneira criteriosa, de modo a atender suas necessidades específicas.

Reitera-se, ainda, a necessidade de considerar que a adoção dessas práticas demandará mudanças organizacionais significativas. As organizações devem estar preparadas para investir tempo e recursos na formação de seus colaboradores, na adaptação de seus



processos internos e, talvez o mais importante, na transformação de sua cultura organizacional. A adoção bem-sucedida do Lean, Agile e Design Thinking pressupõe uma mentalidade aberta à inovação, à aprendizagem contínua e à melhoria contínua, que são mudanças profundas para muitas organizações.

Finalmente, ressalta-se que embora este trabalho tenha focado na aplicação do *Lean*, *Agile* e *Design Thinking* como possíveis soluções para as barreiras de implementação do BIM, o campo é vasto e ainda há muito a ser explorado. Outros paradigmas e abordagens podem oferecer contribuições igualmente valiosas e é fundamental que continuemos a pesquisar e a experimentar novas formas de melhorar a implementação do BIM nas organizações. O potencial do BIM é imenso e ainda estamos apenas começando a descobrir todas as maneiras pelas quais podemos alavancá-lo para transformar a indústria da construção.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 *Design Science Research*

A metodologia orientadora deste trabalho é fortemente baseada na visão de Herbert Simon, que se popularizou em 1969. Conforme citação de Simon (1969) e segundo Venable (2006), percebe-se que as disciplinas de arquitetura, negócios, educação, direito e medicina estão todas intrinsecamente envolvidas com o processo de *design*. No entanto, para que estas disciplinas possam atingir seus objetivos de forma efetiva, é imprescindível que elas desenvolvam uma ciência do *design*. Isso implica um conjunto de princípios intelectualmente rigorosos, analíticos, parcialmente formalizáveis e parcialmente empíricos, que podem ser ensinados, visando aprimorar o processo de *design*.

O *Design Science Research* (DSR), como apontado por Delatorre (2019), busca encontrar uma solução viável para o problema sendo investigado, sem necessariamente buscar a solução perfeita. Esta característica de abordagem prática e realista torna o DSR uma escolha de método essencial para esta tese, tanto no contexto da arquitetura quanto no contexto educacional. Essa abordagem se torna especialmente relevante diante da complexidade inerente a estas duas áreas, particularmente no que tange à resolução de problemas.

De acordo com Delatorre (2019), um dos tipos de "resultado" que pode emergir da aplicação do DSR é a criação de artefatos classificados como de avaliação descritiva. Na presente pesquisa, o DSR é aplicado da seguinte maneira: utiliza-se informações fundamentadas em bases de conhecimento relevantes, como pesquisas anteriores, para desenvolver um argumento persuasivo acerca da utilidade do artefato. Além disso, são desenvolvidos cenários detalhados que evidenciam a aplicabilidade do artefato em diversos contextos, reforçando assim sua utilidade.

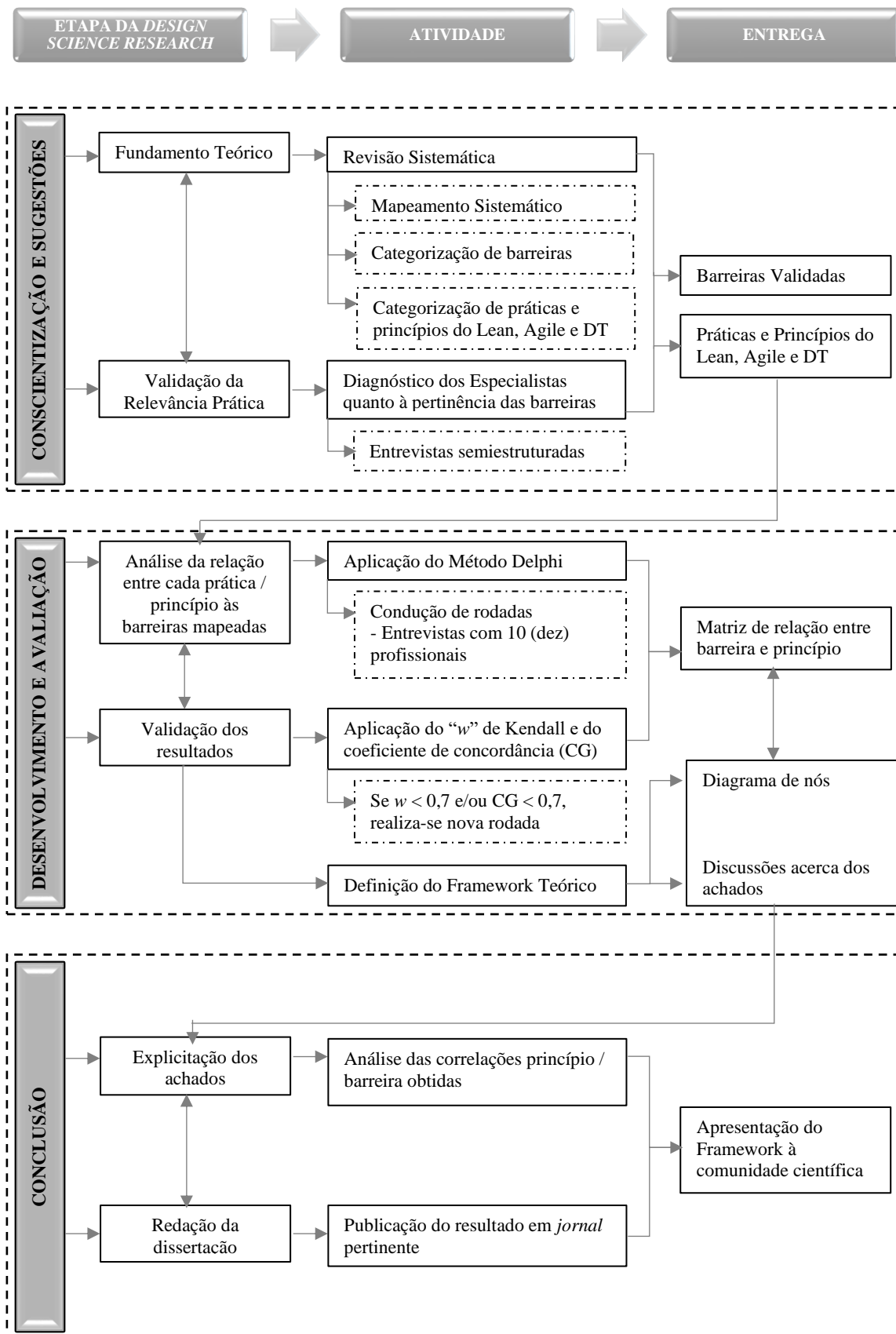
Um aspecto fundamental a ser destacado é que as fases descritas seguem a orientação do DSR, conforme apresentado por Manson (2006). As etapas clássicas envolvem (1) conscientização do problema e sugestão, (2) desenvolvimento e avaliação e (3) conclusão. Utilizando as etapas propostas por Manson (2006) como base, elaborou-se um diagrama (Quadro 5) que ilustra a síntese do processo de desenvolvimento desta pesquisa,

juntamente com seus ciclos de melhorias. Esse diagrama representa o fluxo de conhecimento e as técnicas de pesquisa adotadas.

A aplicação do DSR também se estende à formação de *frameworks*, visto que esta metodologia pode ser usada para criar, analisar e refinar objetos de *design* que, por sua vez, contribuem para discussões teóricas. Nesse sentido, um *framework* desenvolvido com a ajuda do DSR pode servir como uma ferramenta prática para orientar ações futuras, ao mesmo tempo que contribui para o conhecimento teórico na área.

É importante salientar que, no contexto do DSR, a etapa final de validação nem sempre é necessária. Ao invés disso, o foco pode ser direcionado à criação de artefatos que alimentam a discussão teórica e aumentam a compreensão do problema em questão. Portanto, os objetos resultantes do DSR podem ser vistos tanto como contribuições práticas quanto teóricas para a disciplina.

Quadro 5 – Delineamento da pesquisa



É importante destacar que, neste trabalho, conforme Quadro 5, o artefato resultante do *Design Science Research* (DSR) é um modelo conceitual proposto. O resultado obtido por meio do DSR neste estudo consiste em uma análise descritiva detalhada, aliada ao desenvolvimento de um *framework* teórico. A análise descritiva busca proporcionar uma compreensão aprofundada do fenômeno estudado, enquanto o *framework* teórico oferece uma estrutura conceitual que organiza e integra os principais elementos e relações identificados na pesquisa. Essa combinação de análise descritiva e *framework* teórico resulta em um artefato que contribui para o avanço do conhecimento e a base teórica da área de estudo.

Embora a validação empírica do artefato seja considerada uma etapa crucial por muitos pesquisadores, ela não é estritamente necessária. O artefato em si, como resultado teórico, pode proporcionar contribuições significativas, desde que haja uma argumentação teórica rigorosa para sua utilidade e inovação (Breuer, Hüffmeier, & Hüffmeier, 2020).

Esta pesquisa foi conduzida através de uma cuidadosa divisão em três fases primordiais, conforme:

FASE (1) – Sugestão e Conscientização: englobou uma revisão sistemática da literatura com o intuito de identificar e definir as barreiras mais significativas para a implementação do BIM. Tais barreiras foram meticulosamente resumidas em um total de treze itens e categorizadas em três dimensões essenciais, a saber:

1. Barreiras relacionadas às PESSOAS;
2. Barreiras relacionadas aos PROCESSOS; e,
3. Barreiras relacionadas à TECNOLOGIA.

As trezes barreiras categorizadas em uma das três dimensões supracitadas, foram validadas através da aplicação de questionários encaminhados a quatro especialistas renomados na área, que validaram a pertinência das barreiras à realidade profissional brasileira.

Embora a amostra consista em apenas quatro especialistas, é importante salientar que a qualidade dos respondentes - todos com reconhecida experiência e domínio no setor - pode compensar a quantidade menor. A análise baseada em uma pequena amostra de

especialistas é uma abordagem comum em estudos exploratórios e de avaliação, onde o objetivo é obter uma visão profunda sobre um problema específico a partir de perspectivas altamente informadas, em vez de generalizar a partir de uma grande população (Doloi, 2009; Alshawi & Underwood, 2002).

No contexto deste estudo, utilizou-se a escala Likert, amplamente aceita para pesquisas desse tipo (Joshi et al., 2015). Essa escala permite medir atitudes ou opiniões de uma maneira simples e confiável, proporcionando uma medida quantitativa de opiniões, comportamentos ou percepções (Likert, 1932).

A validação do questionário por especialistas é uma prática comum para garantir a qualidade do instrumento de pesquisa, fortalecendo sua validade de conteúdo (Haynes et al., 1995). Desta forma, embora a amostra seja pequena, os resultados obtidos a partir dos especialistas foram altamente valiosos, o que ajudou a garantir que as barreiras identificadas fossem relevantes e aplicáveis à realidade profissional brasileira.

A aplicação do questionário aos especialistas é, portanto, um procedimento metodológico consistente e sólido para esta pesquisa, que busca compreender profundamente as barreiras à implementação do BIM no contexto brasileiro. Consequentemente, a validação destas barreiras por especialistas é um passo fundamental que garantiu um embasamento relevante para a indústria.

Para facilitar a compreensão das barreiras à implantação do BIM por parte dos entrevistados, estas foram categorizadas em três eixos: Pessoas, Processos e Tecnologia. Esta classificação é respaldada por vários autores do tema, incluindo Succar (2009), que também categorizou os desafios de adoção do BIM em fatores relacionados a pessoas, processos e tecnologia, o que facilita a análise destas práticas e princípios ao longo da aplicação do método Delphi.

Na categoria 'PESSOAS', foram considerados elementos pessoais, comportamentais e psicológicos que exercem influência sobre as organizações. Em 'PROCESSOS', por sua vez, referiu-se a todo ato organizacional e executivo em si, incorporando aspectos relacionados à gestão de projetos e à coordenação entre as diferentes partes interessadas. Já 'TECNOLOGIA', esta englobou os elementos de *software* e *hardware* que permitem a utilização das ferramentas computacionais do BIM, tratando, por exemplo, de questões

como a interoperabilidade dos sistemas e a capacidade de processamento dos equipamentos.

Após essa etapa, as barreiras identificadas foram discutidas e avaliadas por um comitê composto por quatro especialistas, ou seja, profissionais com notório saber na área. Além disso, para complementar esse processo, práticas e princípios foram obtidos através de uma abrangente revisão bibliográfica, resultando em uma seleção criteriosa de vinte e seis práticas e princípios provenientes das perspectivas *Lean*, *Agile* e *Design Thinking*. Princípios se referem a conceitos-chave, a nível conceitual, das perspectivas, ao passo que práticas se referem a aplicações feitas por autores respaldados no *Lean*, no Método *Agile* e no *Design Thinking*.

FASE (2) – Desenvolvimento e Avaliação: A segunda fase do estudo objetivou validar a correlação entre os princípios e práticas identificados e as barreiras previamente estabelecidas, buscando estabelecer uma conexão sólida entre ambos. Para se alcançar tal intento, dez formulários foram elaborados e distribuídos entre usuários que lidam com implantação do BIM em suas organizações. A fim de assegurar a validade e minimizar possíveis resultados inconclusivos, empregou-se o método Delphi, utilizando uma segunda etapa de avaliação estruturada, a qual teve como finalidade primordial mitigar quaisquer desvios indesejáveis.

Segundo Skumolski et. al (2007) O método Delphi é uma técnica de coleta e consolidação de opiniões, com o objetivo de se obter consenso sobre um determinado tema ou prever eventos futuros. O processo envolve a utilização de um questionário estruturado, enviado aos público alvo de forma iterativa, em que eles fornecem suas opiniões de forma anônima. Em cada iteração, as respostas são analisadas e um novo questionário é enviado, com o intuito de se buscar convergência e refinamento das opiniões.

O método Delphi é uma abordagem de coleta de opiniões de especialistas com o objetivo de obter consenso sobre um determinado tema ou prever eventos futuros. Foi desenvolvido na década de 1950 por Olaf Helmer e Norman Dalkey no Instituto de Pesquisa Rand, nos Estados Unidos.

A concepção do método Delphi é baseada na ideia de que um grupo de especialistas pode fornecer informações valiosas e *insights* sobre um tópico específico. No entanto, em vez

de reunir esses profissionais em um ambiente presencial, o método Delphi permite que eles participem de forma anônima e independente.

O processo do método Delphi, segundo Marques e Freitas (2018) geralmente envolve as seguintes etapas:

1. Definição do problema: O tema ou problema a ser abordado é claramente definido, estabelecendo os objetivos da pesquisa.
2. Seleção de especialistas: Um grupo de especialistas relevantes é selecionado com base em sua experiência e conhecimento sobre o assunto em questão.
3. Questionários iterativos: Os especialistas recebem um questionário inicial contendo perguntas abertas ou fechadas relacionadas ao problema. Eles respondem de forma anônima e independente.
4. Feedback e consolidação: Os resultados são analisados e resumidos, sem revelar a identidade dos especialistas. Essas informações são então compartilhadas com o grupo para fornecer um *feedback* estatístico ou resumido sobre as respostas dos participantes.
5. Iterações subsequentes: Com base no *feedback* recebido, um novo questionário é elaborado e enviado aos participantes. O processo de envio e *feedback* pode ser repetido várias vezes até que seja alcançado um consenso ou uma estabilidade nas respostas.

O método Delphi oferece uma abordagem estruturada e iterativa para coletar opiniões e conhecimentos especializados, permitindo a obtenção de informações valiosas e a busca por consenso em situações complexas e incertas.

Diversas são as pesquisas contemporâneas que aplicam o método Delphi e/ou a escala de Likert na área do *Building Information Modeling* (BIM). Balali et al. (2018), por exemplo, utilizaram o método Delphi para identificar e classificar as barreiras para implementação do BIM na indústria de construção do Irã. Em um outro estudo, Pour Rahimian et al. (2019) exploraram a aplicação do método Delphi para identificar e priorizar competências BIM para gestores de projetos de construção.

Estas fontes oferecem uma visão abrangente e atualizada do uso do método Delphi em pesquisas e consultas de especialistas, desde suas aplicações iniciais até a atualidade,



englobando estudos sobre a validade do método e suas melhores práticas. Em um trabalho recente, Kong et al. (2020) validaram uma ferramenta de avaliação para proficiência em BIM usando a escala de Likert, evidenciando a relevância da mesma em pesquisas atuais.

Portanto, esses estudos fornecem uma perspectiva relevante sobre o uso das metodologias de Delphi e Likert na área de BIM, indicando uma trajetória de desenvolvimento robusta e promissora para futuras investigações neste campo.

As avaliações realizadas nesta pesquisa adaptaram levemente a escala Likert, de modo a reduzir a variabilidade das respostas e aferir de modo mais objetivo as relações de pertinência, visto que consistiram em relacionar os princípios e práticas com as barreiras identificadas, atribuindo valores que variavam de 0 a 2: 0 - Indicando ausência de correlação entre a prática/princípio e a barreira; 1 - Indicando uma possível correlação entre a prática/princípio e a barreira; e 2 - Sinalizando uma forte correlação entre a prática/princípio e a barreira.

A "adaptação" na escala de Likert fundamentou-se nos estudos de Cummins e Gullone (2000), que, em certas situações, consideraram a aplicação de uma escala de cinco pontos como inadequada, enfatizando a importância de analisar o contexto da pesquisa para determinar a escala mais apropriada. Por outro lado, Joshi et al. (2015) discutiram como a escala de Likert deveria ser adaptada para refletir com mais precisão a variabilidade das respostas dos respondentes.

Posteriormente, ainda nessa fase, foi realizado um acompanhamento da validação estatística das etapas do Delphi. Esse processo fez uso de duas medidas estatísticas fundamentais: o coeficiente de Concordância Geral (CG) e o W de Kendall. Ambas as medidas desempenharam um papel importante na avaliação das respostas geradas durante o processo de pesquisa, especialmente quando aplicadas dentro do contexto do *Design Science Research* (DSR).

O Coeficiente de Concordância (CG) é uma medida estatística que avalia o grau de concordância entre diferentes avaliações ou classificações. É frequentemente utilizado para determinar se existe uma concordância significativa entre os avaliadores ou observadores. Este coeficiente é particularmente útil no contexto do DSR, onde se busca

entender como diferentes *stakeholders* podem avaliar ou perceber um determinado artefato de *design*.

Já o W de Kendall, também conhecido como coeficiente de concordância de Kendall, é uma medida que avalia a similaridade de classificações feitas por diferentes avaliadores. Essa medida é frequentemente usada para avaliar a confiabilidade das classificações. No contexto do DSR, o W de Kendall pode ser utilizado para avaliar se diferentes *stakeholders* classificam um artefato de *design* de maneira similar.

Após obter a rodada final do Delphi, os resultados passaram por uma etapa final de filtragem, objetivando encaminhar somente, para compor o *Framework*, os princípios e práticas com maior grau de concordância interna entre os especialistas.

Os princípios e práticas incorporados no *Framework* foram escolhidos com base em sua relevância e frequência de indicação nos estudos Delphi. Especificamente, foram selecionados aqueles princípios e práticas que obtiveram uma alta concordância entre os participantes, ou seja, que foram atribuídos com o valor "2" (que indica alta pertinência ao tema) por mais de 90% dos respondentes. Esta abordagem de seleção assegurou a incorporação ao *Framework* das ideias consistentemente consideradas mais relevantes e pertinentes pelos participantes da pesquisa. Este método de seleção de princípios e práticas, baseado na frequência e relevância atribuída por um painel de especialistas durante um estudo Delphi, segue a abordagem utilizada em pesquisas anteriores, tais como Linstone e Turoff (1975) e Okoli e Pawlowski (2004). Nestas pesquisas, a avaliação coletiva de um grupo de especialistas é usada para identificar e priorizar as ideias mais importantes ou pertinentes ao assunto em questão. Esta metodologia tem-se mostrado eficaz em contextos variados, permitindo a incorporação das percepções mais amplamente aceitas na elaboração de modelos e *frameworks*, da mesma forma, Bilro e Loureiro (2020) empregaram este método na identificação de fatores-chave na aceitação de tecnologias móveis.

FASE (3) – Conclusão: Esta etapa consiste em uma minuciosa análise dos resultados, com a devida discussão dos achados e sua relevância no contexto investigado, além da elaboração do trabalho escrito e do encaminhamento dos achados em formato de artigo científico para periódico de relevância na área. Ressalta-se que apesar de não haver uma etapa final de validação junto aos entrevistados com o artefato finalizado, sabe-se que o

*Design Science Research* é uma abordagem metodológica que visa à criação de novos e inovadores artefatos que solucionem problemas relevantes da prática.

Uma vez exposta a estrutura deste trabalho, ressalta-se que o mesmo encontra-se amplamente respaldado na literatura, sobretudo na definição de suas metodologias auxiliares. A utilização de questionário para validação de problemática, mapeamento sistemático, escala de Likert e o Método Delphi são amplamente adotados em trabalhos de engenharia que visam estabelecer *frameworks* mais teóricos. Essas metodologias são escolhas apropriadas e corretas devido aos benefícios e fundamentos que oferecem para a pesquisa científica na área de engenharia.

#### **4.2 Mapeamento Sistemático na Literatura**

Foi realizada uma revisão da literatura em periódicos especializados, utilizando artigos dos últimos seis anos. A busca foi conduzida no banco de dados *Web of Science*, julgando-se suficiente o mapeamento somente nesta base. A escolha de se utilizar exclusivamente a plataforma *Web of Science* para realizar o mapeamento é justificada pela sua ampla abrangência e robustez como fonte de dados acadêmicos. A *Web of Science* é reconhecida como uma das principais bases de dados bibliográficos para pesquisa científica, abrangendo uma vasta gama de disciplinas e oferecendo acesso a uma extensa coleção de artigos científicos de alta qualidade.

Essa plataforma é altamente confiável e respeitada pela comunidade acadêmica devido aos rigorosos critérios de seleção e indexação dos periódicos nela presentes. Além disso, a *Web of Science* possui recursos avançados de busca e filtragem, o que permite uma busca mais precisa e refinada, facilitando a identificação dos estudos relevantes para o mapeamento em questão.

A *Web of Science* tem sido amplamente usada como uma fonte de dados confiável em vários estudos, validando assim a escolha dessa plataforma. Por exemplo, Mongeon e Paul-Hus (2016) destacam a importância da *Web of Science* como recurso para a bibliometria e a cienciometria. Eles a utilizaram para investigar a interdisciplinaridade na pesquisa acadêmica. Além disso, um estudo de Martín-Martín et al. (2018) fez uso da *Web of Science* para explorar a abrangência da cobertura das citações no Google Scholar,

Scopus e *Web of Science*. Esses estudos são testemunhos do valor e da aplicabilidade da Web of Science como uma fonte de dados robusta em pesquisas científicas.

Esses estudos, assim como outros que utilizam a Web of Science como fonte de dados, demonstram a confiabilidade e a abrangência da plataforma, evidenciando sua relevância como ferramenta para a realização de mapeamentos e pesquisas científicas. Portanto, a opção por utilizar exclusivamente a *Web of Science* para o mapeamento justifica-se pela sua completude e pela robustez das evidências que a sustentam como uma fonte confiável e abrangente de dados acadêmicos.

A pesquisa realizada no *Web of Science*, conforme Quadro 6, utilizou os seguintes termos:

Quadro 6 – Descrição da Pesquisa Adotada

<b>Item</b>	<b>Descrição</b>
<b>Problema</b>	Falta de conhecimento acerca das barreiras à implementação do BIM
<b>Pergunta</b>	Quais as principais barreiras à implementação do BIM?
<b>População</b>	Papers publicados em journals <i>peer reviewed</i>
<b>Database</b>	Plataforma <i>Web of Science</i>
<b>Critério de Inclusão</b>	(I) Apresenta riscos relacionados à gestão do BIM. (I) Apresenta barreiras para a implementação do BIM.
<b>Critério de Exclusão</b>	(E) Não relacionado à indústria de AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção).
<b>Strings Adotadas</b>	Building Information Modelling AND (Project OR Maintenance) AND (Barrier OR Risk) AND (Architecture OR Engineering OR Civil Construction); Building Information Modelling AND (Management AND Project AND Build AND Operation) AND (Barriers OR Risks).

Essa pesquisa visa destacar os benefícios potenciais dessas abordagens e elucidar como elas podem ajudar as organizações a superar obstáculos na implementação do *Building Information Modeling* (BIM).

Na nossa análise inicial, um total de 185 artigos foram identificados, explorando diversos aspectos das barreiras à gestão. Para refinar nossa busca, foram aplicados os critérios de seleção delineados no Quadro 6. Isso envolveu a análise cuidadosa dos resumos e *abstracts* de cada publicação para garantir que estivessem alinhados com o escopo pretendido da nossa pesquisa. O processo de seleção de artigos, priorização de leitura e exclusão deu-se de forma otimizada através da plataforma Start Tool, desenvolvida e disponibilizada gratuitamente pela Universidade Federal de São Carlos, conforme Figura 2 abaixo.

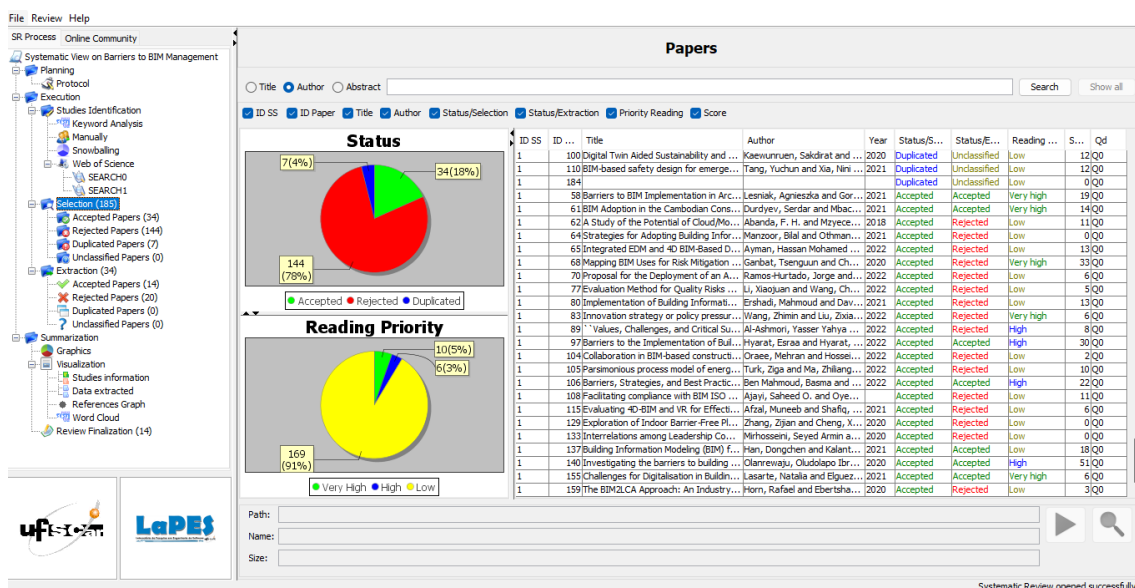


Figura 2 – Tela de utilização do *software* Start Tool

Vale notar que a fase preliminar de seleção envolveu a leitura minuciosa dos abstracts, com foco em artigos que discutiam obstáculos à implementação do BIM no setor da construção. Isso resultou na exclusão de qualquer artigo que não estivesse intrinsecamente relacionado com a indústria da construção.

Os 34 artigos selecionados foram então submetidos a uma análise individualizada. Nosso objetivo era identificar se cada artigo apresentava novas barreiras descobertas através de pesquisas originais conduzidas pelos autores, ou se simplesmente resumia barreiras previamente documentadas na literatura.

Destes, 14 artigos foram escolhidos para contribuir para a base de dados desta pesquisa. Cada artigo foi lido novamente para identificar as barreiras especificadas pelos autores.

Em seguida, elas foram categorizadas preliminarmente em três grandes áreas de acordo com a natureza dos problemas descritos: Pessoas, Processos e Tecnologia.

As barreiras relacionadas às pessoas abrangeram aspectos psicológicos e comportamentais dos indivíduos que podem influenciar a adoção e implementação do BIM. Essas barreiras podem incluir resistência à mudança, falta de familiaridade com as novas tecnologias e dificuldade de adaptação a novos processos de trabalho.

As barreiras relacionadas aos processos, referem-se aos desafios organizacionais e de gestão que podem surgir durante a implementação do BIM. Isso pode envolver a falta de estratégias claras de implementação, lacunas na comunicação e coordenação entre os diferentes *stakeholders* e dificuldades na integração do BIM com os processos existentes da organização.

As barreiras tecnológicas estão associadas aos aspectos técnicos do uso do BIM. Isso inclui a compatibilidade de *software*, protocolos de exportação de dados, requisitos de *hardware* e capacidade de treinamento dos funcionários para utilizar efetivamente as ferramentas e recursos do BIM.

Por último, as barreiras com descrições semelhantes foram agrupadas e categorizadas sob fatores comuns, que agora constituem os obstáculos identificados e descritos neste estudo.

Sendo necessária a definição de práticas e princípios do *Lean*, *Agile* e *Design Thinking*, um segundo mapeamento foi conduzido, objetivando abarcar artigos que trouxessem descrições de princípios ou práticas dentro da indústria da construção civil que pudessem ser identificadas e utilizadas em outro contexto.

Para atingir esse objetivo, foi realizada uma revisão sistemática, seguindo um protocolo semelhante (Quadro 7) ao utilizado na identificação das barreiras.

#### Quadro 7 – Protocolo de mapeamento na literatura

<b>Item</b>	<b>Descrição</b>
<b>Problema</b>	Necessidade e Identificar Princípios e Práticas do <i>Lean, Agile e Design Thinking</i> aplicáveis ao BIM.
<b>Pergunta</b>	Quais princípios e práticas do <i>Lean, Agile e Design Thinking</i> podem ser identificados na literatura que sejam aplicáveis ao contexto da indústria da construção e ao BIM?
<b>População</b>	Artigos publicados em revistas com revisão por pares; Acesso Aberto
<b>Database</b>	<i>Web of Science</i>
<b>Critério de Inclusão</b>	(I) Apresenta uma aplicação prática relacionável à gestão BIM; (I) Apresenta conceitos teóricos aplicáveis ao BIM.
<b>Critério de Exclusão</b>	(E) Não relacionável à indústria AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção); (E) Não relacionável ao BIM (Modelagem da Informação da Construção).
<b>Strings Adotadas</b>	<p><b>Design Thinking:</b> DESIGN THINKING AND (ARCHITECTURE OR ENGINEERING OR CIVIL CONSTRUCTION) AND MANAGEMENT; Design Thinking AND Management AND (Architecture OR Engineering OR Civil Construction).</p> <p><b>Agile Method:</b> (SCRUM AND MANAGEMENT) AND (ENGINEERING OR CIVIL CONSTRUCTION OR ARCHITECTURE; (SPRINT AND MANAGEMENT) AND (ENGINEERING OR CIVIL CONSTRUCTION) NOT ANATOMY NOT PHYSIOLOGY NOT HEALTH; AGILE AND Building Information Modelling AND Architecture OR Engineering OR Civil Construction.</p> <p><b>Lean:</b> Lean AND (Building Information Modelling OR BIM) AND Management; Last Planner System AND ( Building Information Modelling OR BIM ) AND Management; OBEYA ROOM AND ( Building Information Modelling OR BIM ) AND Management</p>

Quanto ao mapeamento do *Lean, Agile e Design Thinking*, procedimento similar ao realizada para a etapa de barreiras foi realizado, obtendo-se artigos relacionados ao

contexto da indústria da construção civil. Para o *Agile* e *Design Thinking*, alguns artigos apresentavam conceitos aplicados em outras indústrias, mas cujos princípios eram praticáveis na construção civil, como Duc. Et. al (2017).

Foram extraídos práticas e princípios através da leitura detalhada de 37 artigos, de um corpo amostral inicial de aproximadamente 354 artigos.

Dos artigos selecionados, foram identificados 17 princípios e práticas do *Lean*, 7 do *Agile* e 6 do *Design Thinking*, não havendo nenhuma ordem de priorização destes.

### 4.3 Validação das Barreiras Identificadas na Literatura

Definidas as barreiras, um questionário foi conduzido com quatro especialistas de diversas áreas de atuação, conforme Quadro 8.

Quadro 8 – Participantes da entrevista de validação das barreiras

Participante	Profissão	Anos de Experiência	Área de Atuação	Organização onde Atua
R1	Postdoc em Administração	10	<i>Lean</i> <i>Construction</i>	Universidade
R2	Mestrado em Arquitetura	15	BIM e Arquitetura	Universidade
R3	Engenheiro Civil	5	Infraestrutura e BIM	Empresa de projetos em Infraestrutura
R4	Doutorado em Engenharia Civil	5	BIM e <i>Lean</i>	Universidade

Nesta fase de identificação e conscientização, o principal objetivo das entrevistas foi a validação das suposições sobre as barreiras e discutir como elas se manifestam no



ambiente de trabalho dos entrevistados. Para avaliar a relevância da questão, os especialistas são solicitados a expressar suas opiniões sobre o impacto de cada barreira.

Uma adaptação do questionário da Escala Likert é empregada como um meio de avaliação. Nesta instância da pesquisa, a escala é configurada em cinco pontos, onde 1 representa a menor relevância, indicando que "a barreira não é relevante", e 5 representa a maior relevância, sinalizando que "a barreira é muito relevante". Conforme sugerido por Bernes e Mattson (2016), um desvio padrão inferior a 1 é amplamente aceito como indicativo de um baixo nível de dispersão.

Ao longo das reuniões, cada participante avaliou cada barreira individualmente. Para cada barreira, os participantes foram convidados a responder de forma aberta se: (1) acreditavam que a barreira era um elemento relevante e um obstáculo à implementação e uso do BIM e, (2) se eles haviam enfrentado essa barreira em seu contexto de trabalho. Este método permitiu uma avaliação aprofundada das barreiras identificadas e uma melhor compreensão de como elas afetam diferentes ambientes de trabalho.

O critério para a progressão das barreiras identificadas para a segunda etapa da pesquisa foi estabelecido com base no valor médio (VM) e no desvio padrão das respostas. Definiu-se que uma barreira seria considerada relevante se o VM fosse superior a 2,5 e se o desvio padrão fosse menor que 2. Este valor de desvio padrão foi considerado um limiar, acima do qual a dispersão das respostas seria considerada excessiva para os propósitos deste estudo.

A aplicação desse critério baseado em VM e desvio padrão tem como fundamento a busca por uma avaliação mais objetiva e robusta das barreiras identificadas. Definindo um limiar mínimo para o VM e um limite máximo para o desvio padrão, é possível assegurar que as barreiras que passam para a próxima fase são não só significativamente relevantes, mas também consistentemente percebidas como tal pelos participantes do estudo.

Este procedimento é respaldado pela literatura metodológica na área. Bernes e Mattson (2016), por exemplo, reforçam a importância de critérios rigorosos na seleção de dados para a garantia da validade e confiabilidade dos resultados da pesquisa. Mais do que isso, o estabelecimento de critérios claros e bem fundamentados para a seleção de dados, como

feito aqui, é uma prática recomendada em pesquisa para garantir a transparência e a replicabilidade do estudo (Ioannidis, Fanelli, Dunne, & Goodman, 2015).

#### **4.4 Aplicação do Delphi e Validação da Relação Princípio-Barreira**

Pesquisadores da construção têm utilizado a abordagem Delphi para resolver questões complexas quando não há um corpo substancial de informações disponíveis, reunindo profissionais relacionados ao conhecimento e solicitando suas opiniões. Após cada ciclo, a abordagem Delphi aplica uma análise estatística de respostas em grupo de forma iterativa e anônima. O objetivo do Delphi é buscar o consenso por meio do diálogo em grupo. Os participantes podem responder honestamente sem o receio de críticas dos pares, uma vez que as respostas são anônimas. Estudos Delphi frequentemente estabelecem consenso após duas ou três rodadas, de acordo com McVie et al. (2021).

Uma revisão sistemática do método Delphi revelou que um tamanho de painel de 7 a 20 indivíduos é recomendado em pesquisas de construção e engenharia (Rashadian et al., 2023). De acordo com o autor, a inclusão de um painel pequeno é fundamental para evitar uma alta taxa de abandono nas rodadas sucessivas do Delphi. Inicialmente, a equipe de pesquisa enviou mais de 35 e-mails e, após três meses de tentativas, um total de 10 profissionais concordaram em participar do estudo Delphi.

Os profissionais foram selecionados de uma variedade de cargos e disciplinas, incluindo gerentes de construção, arquitetos, gerentes de BIM, orçamentistas, coordenadores e empreendedores, que possuíam pelo menos dois anos de experiência.

Antes de iniciar a rodada, todos os participantes receberam instruções com uma explicação sobre o objetivo e o método do estudo, bem como informações mais detalhadas sobre as barreiras e princípios encontrados, juntamente com suas descrições, conforme Quadro 9.

Quadro 9 – Profissionais participantes do Delphi

<b>Participante</b>	<b>Profissão</b>	<b>Anos de Experiência</b>	<b>Área de Atuação</b>	<b>Tipo de Organização</b>
<b>R1</b>	Economista	10	Empreendedor	Empresa de Construção
<b>R2</b>	Projetista	3	<i>Design</i> de Interiores	Empresa de Arquitetura
<b>R3</b>	Engenheiro Civil	3	Engenheiro Perito	Empresa de Arquitetura
<b>R4</b>	Coordenador de Obras	5	<i>BIM Managing, Lean Construction</i> e Planejamento	Incorporadora
<b>R5</b>	Engenheiro Civil	2	Engenheiro Calculista	Setor Público
<b>R6</b>	Engenheiro Civil	2	Engenharia Sanitária	Setor Público
<b>R7</b>	Engenheiro Civil	2	Construção Civil	Empresa de Arquitetura
<b>R8</b>	Engenheiro Civil	2	Construção de Edifícios Penais	Setor Público
<b>R9</b>	Engenheiro Civil	3	Construção Civil	Construtora
<b>R10</b>	Engenheiro Civil	5	Empreendedor	Empresa de Construção

#### 4.5 Análise Estatística dos Resultados das Rodadas Delphi

Os resultados quantitativos da aplicação da técnica Delphi foram examinados por meio de estatísticas analíticas e análise do nível de consenso. Para esta finalidade, o valor médio e o desvio padrão (DP) foram empregados, conforme práticas comuns na análise de dados provenientes da técnica Delphi (Hsu & Sandford, 2007).

Seguindo a inferência baseada na pesquisa de Rashidian et al. (2023), considerou-se um DP inferior a 1 como indicativo de baixa dispersão de respostas na Escala Likert de cinco pontos. Por extensão, e considerando a redução na variação potencial em uma escala Likert de três pontos, manteve-se a mesma suposição de que um DP abaixo de 1 indicaria baixa dispersão na menor escala.

Além da análise de estatísticas descritivas, também foram calculados a Concordância Geral (CG) e os níveis de estabilidade das respostas dos participantes utilizando o coeficiente de concordância de Kendall (W). Este coeficiente é uma medida de concordância entre avaliadores e é frequentemente utilizado em estudos Delphi para avaliar a concordância entre as opiniões dos participantes (Kendall, 1970; Siegel & Castellan, 1988).

O coeficiente de concordância de Kendall (W) é usado para avaliar o nível de acordo entre avaliadores em estudos que empregam a técnica Delphi (Kendall & Gibbons, 1990). Este coeficiente varia de 0, indicando nenhuma concordância, a 1, que significa concordância total. A métrica é calculada com base nos rankings de resposta de cada avaliador, permitindo a identificação de um consenso entre os participantes (Abdi, 2007).

Aplicando isso ao contexto do BIM, em uma investigação recente conduzida por Chen et al. (2020), utilizou-se o coeficiente W de Kendall após cada rodada do método Delphi para avaliar o grau de consenso dos participantes sobre fatores críticos para a implementação do BIM. Um coeficiente W alto, próximo a 1, sugeriu que houve um alto nível de concordância entre os especialistas sobre a importância dos fatores identificados.

Para definição do coeficiente W de Kendall, para cada análise, utilizou-se as classificações dos avaliadores, devendo-se obter as seguintes somas:

- a) R: A soma de todas as somas de classificações;

- b) S: A soma dos quadrados das somas de classificação de cada questão. Para cada análise, deve-se elevar ao quadrado a soma das classificações, e então somar todos esses valores quadrados.
- c) T: A soma dos quadrados dos rankings de cada avaliador para todas as questões.

O W de Kendall da rodada pode então ser aferido através da seguinte equação:

$$W = [k * (S - 0.25 * n * (k^2)) ] / [T - 0.25 * n * (k^2)].$$

Onde “K” é o número de avaliadores e “n” o número de questões avaliadas.

O Coeficiente de Concordância (também denominado *Overall Agreement*) por outro lado, é um conceito mais amplo, utilizado para avaliar o nível geral de consenso entre os avaliadores. O CG é geralmente calculado como a porcentagem de avaliadores que escolheram a resposta mais frequente. Este conceito tem sido utilizado em trabalhos que buscam criar *frameworks* para a implementação eficaz do BIM, como o estudo conduzido por Abanda et al. (2017), onde o CG foi utilizado para identificar as áreas de concordância entre especialistas na aplicação de BIM no setor de construção.

O CG é a média das porcentagens de concordância para cada análise, podendo ser obtido pela soma de todas as porcentagens de concordância de uma rodada, dividida pelo número total de questões. Apesar de ser consideravelmente mais simples de se aferir do que o W de Kendall, o CG tem sido utilizado amplamente nas etapas de validação estatística de trabalhos similares, como Son et. al (2010) e Sarhan e Fox (2013).

#### **4.6 Construção do *Framework***

O *Framework* se dará através de representação mediante diagrama de nós, representação mediante quadros e discussões amplas. Em última análise, o *Framework* será estruturado com base em práticas e princípios identificados por meio do Estudo Delphi. Este estudo irá considerar apenas os princípios e práticas que foram categorizados com a pontuação "2", que representa sua pertinência direta às barreiras identificadas. A seleção desses princípios e práticas será ainda mais refinada, dando prioridade àqueles que apresentaram maior consenso entre os participantes do estudo. Especificamente, foram incluídos no *Framework* apenas aqueles princípios e práticas que obtiveram um coeficiente de

concordância individual de 0,9 ou superior, indicando um alto nível de acordo entre os participantes.

Optou-se por usar um diagrama de nós como meio de representação visual do *Framework*. O uso de diagramas de nós se mostra especialmente adequado para a representação visual de *frameworks* por envolver princípios aplicados ao *Building Information Modeling* (BIM). Esta eficácia é justificada por algumas características fundamentais deste tipo de diagrama, conforme evidenciado na literatura científica.

Primeiramente, os diagramas de nós permitem representar e evidenciar a complexidade inerente aos sistemas BIM de maneira clara e compreensível, dado que estas ferramentas gráficas facilitam a demonstração de componentes individuais e suas respectivas interconexões (Succar, 2009). Esta qualidade é particularmente útil ao lidar com princípios aplicados ao BIM, os quais frequentemente possuem múltiplos elementos inter-relacionados.

Adicionalmente, o diagrama de nós auxilia na exposição da estrutura do *framework* de uma maneira organizada, proporcionando assim um panorama geral dos princípios envolvidos e suas relações (Succar & Kassem, 2015). Tal visão é essencial para a compreensão de como os princípios operam dentro do contexto BIM.

Por fim, na revisão sistemática de Sacks et al. (2018), os autores confirmam a prevalência e utilidade deste tipo de representação gráfica na literatura BIM. Eles destacam o fato de que diagramas de nós podem efetivamente representar a complexidade e as interações presentes no BIM, reforçando sua aplicabilidade e eficácia.

Em suma, um diagrama de nós serve como uma representação visual ideal para um *framework* envolvendo princípios aplicados ao BIM, proporcionando uma ilustração clara e organizada das componentes e suas interações.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 FASE 1: Barreiras à Implementação BIM

Conforme demonstrado na Metodologia, as barreiras foram obtidas a partir da aferição dos artigos selecionados no Mapeamento Sistemático e, após isso, classificadas e categorizadas em Pessoas, Processos e Tecnologia. Ressalta-se que não houve neste trabalho nenhuma classificação das barreiras buscando elencá-las como prioritárias, mas somente uma aglutinação de problemáticas similares nas barreiras descritas ao longo deste trabalho. A categorização mais detalhada das barreiras pode ser encontrada nos Apêndices I, II e III.

Essas categorias de barreiras destacam diferentes aspectos que podem impactar a adoção e implementação bem-sucedida do BIM, sendo importante considerá-las ao desenvolver estratégias e abordagens para superar esses desafios.

#### 5.1.1 Barreiras na área de Pessoas

As barreiras relativas à categoria de Pessoas, encontram-se minuciosamente descritas quanto a sua categorização no Apêndice I.

Esses resultados foram sintetizados e compilados de acordo com suas características em comum, resultando em seis principais elementos, conforme apresentado no Quadro 10.

Quadro 10 – Barreiras na área de Pessoas

<b>Cód.</b>	<b>Descrição</b>
<b>P1</b>	Necessidade de alto investimento de tempo e dinheiro para treinamento da equipe
<b>P2</b>	Dificuldade em encontrar equipe técnica qualificada
<b>P3</b>	Resistência pessoal a um ambiente mais colaborativo
<b>P4</b>	Ausência de retorno financeiro perceptível
<b>P5</b>	Dificuldade em gerenciar equipes dentro de um contexto colaborativo

<b>Cód.</b>	<b>Descrição</b>
<b>P6</b>	Ausência de compromisso por parte da alta administração (Governo e Alta Administração de Empresas)

Os códigos apresentados na tabela acima, referem-se a síntese do problema descrito nos artigos, isto é, os problemas identificados no mapeamento foram categorizados dentro destas categorias por afinidade.

Abaixo segue descrição mais detalhada do que consiste cada problemática abordada na categoria PESSOAS.

**Item 1.** Necessidade de alto investimento de tempo e dinheiro para treinamento da equipe (P1)

De acordo com Eastman et al. (2011), uma das principais barreiras na implementação do BIM está relacionada à demanda significativa de recursos financeiros e tempo necessários para capacitar a equipe. O treinamento adequado envolve o aprendizado das ferramentas, processos e metodologias do BIM, o que pode exigir investimentos consideráveis em termos de custos de treinamento e alocação de tempo dos profissionais. Dossick e Neff (2019) ecoaram essas preocupações, destacando que a necessidade de capacitação e treinamento contínuo é um fator de peso para a ampla adoção do BIM.

**Item 2.** Dificuldade em encontrar equipe técnica qualificada (P2)

Segundo Gielingh et al. (2017), a escassez de profissionais qualificados em BIM é um desafio enfrentado pelas organizações. A implementação bem-sucedida do BIM requer equipes com conhecimento especializado e habilidades técnicas específicas. No entanto, encontrar profissionais com experiência em BIM pode ser uma tarefa difícil devido à demanda do mercado e à necessidade de capacitação adequada.

**Item 3.** Resistência pessoal a um ambiente mais colaborativo (P3)

Conforme destacado por Mahamadu et al. (2016), a resistência individual em adotar uma abordagem mais colaborativa no contexto do BIM é uma barreira comum. Algumas



pessoas podem ter dificuldade em se adaptar a uma mudança de mentalidade e se engajar em um ambiente de trabalho mais colaborativo, que exige compartilhamento de informações, trabalho em equipe e comunicação efetiva.

**Item 4.** Ausência de retorno financeiro perceptível (P4)

De acordo com Zuo et al. (2019), a falta de retorno financeiro perceptível é uma preocupação para as organizações na adoção do BIM. A dificuldade em quantificar e demonstrar os benefícios econômicos diretos, como redução de custos, aumento da eficiência operacional ou melhorias na produtividade, pode gerar incertezas em relação ao investimento no BIM.

**Item 5.** Dificuldade em gerenciar equipes dentro de um contexto colaborativo (P5)

Conforme mencionado por Yitmen et al. (2018), a gestão de equipes no contexto colaborativo do BIM pode ser desafiadora. Requer habilidades de liderança e gerenciamento específicas para promover a colaboração, coordenar atividades, garantir a integração efetiva entre as disciplinas e maximizar o desempenho da equipe. A falta de experiência ou conhecimento em gerenciamento colaborativo pode dificultar o alcance de resultados efetivos.

**Item 6.** Ausência de compromisso por parte da alta administração (Governo e Alta Administração de Empresas) (P6)

Segundo Azhar et al. (2014), a falta de compromisso e apoio das altas esferas de administração, como o governo e a alta administração das empresas, é uma barreira significativa para a implementação do BIM. Sem um compromisso claro e um suporte adequado dessas partes interessadas, a implementação do BIM pode encontrar dificuldades em termos de alocação de recursos, desenvolvimento de políticas favoráveis e incentivos para a adoção do BIM em toda a organização.

Portanto, a necessidade de alto investimento está relacionada ao elevado custo de treinamento e adaptação das equipes para a utilização do BIM. Conforme o segundo problema mencionado (P2), também existe dificuldade em contratar profissionais com experiência em BIM, especialmente em gerenciar equipes dentro de um contexto colaborativo. A resistência pessoal a um ambiente mais colaborativo, o terceiro problema

(P3), está relacionada à resistência cultural dos profissionais, considerando que um ambiente BIM requer maior colaboração e integração, substituindo o individualismo por uma mentalidade mais coletiva.

A ausência de retorno financeiro imediato compromete o empenho da alta administração em implementar processos BIM e investir em *software*, *hardware*, bem como em qualificação. A dificuldade em gerenciar equipes dentro de um contexto colaborativo é descrita por diversos autores como a complexidade de lidar com múltiplas disciplinas em um ambiente colaborativo.

Ao se utilizar tecnologias CAD 2D, os projetos são elaborados separadamente por cada disciplina, como estruturas e instalações hidráulicas, mas no processo BIM, os conflitos entre esses profissionais ocorrem em tempo real, o que demanda uma percepção mais dinâmica do gestor. A falta de compromisso por parte da governança pública e alta administração das empresas está mais relacionada a decisões críticas da empresa, que podem ou não implementar procedimentos BIM, além de que a ausência de compromisso torna a empresa mais conservadora em relação à mudança de seus procedimentos atuais.

#### 5.1.2 Barreiras na área de Processos

No Apêndice II estão apresentadas as barreiras categorizadas como Processo, bem como apontamentos relacionados.

Esses resultados puderam então ser melhor categorizados e organizados de acordo com a essência de suas problemáticas nas barreiras apresentadas conforme Quadro 11.

Quadro 11 – Barreiras na área de Processos

<b>Cód.</b>	<b>Descrição</b>
<b>PR1</b>	Ausência de estruturas e procedimentos para orientar os processos de gestão
<b>PR2</b>	Demanda por uma carga de trabalho maior nas etapas iniciais do projeto
<b>PR3</b>	Ausência de estrutura e modelos para a gestão de contratos e definição de responsabilidades

<b>Cód.</b>	<b>Descrição</b>
<b>PR4</b>	Complexidade inerente à operação dos softwares e processos BIM
<b>PR5</b>	Dificuldade em compreender as demandas dos clientes nas etapas iniciais do projeto

Quanto às problemáticas descritas a partir da compilação de barreiras ao longo dos trabalhos aferidos neste mapeamento sistemático, pode-se descrevê-las e sintetizá-las da seguinte forma:

**Item 1.** Ausência de estruturas e procedimentos para orientar os processos de gestão (PR1)

Este obstáculo se relaciona diretamente à ausência de estruturas padronizadas e protocolos claros para a orientação dos processos de gestão em um projeto BIM. Na ausência de tais orientações, a implementação e gerenciamento do BIM podem se tornar desafiadores, levando a inconsistências e ineficiências nos processos de projeto. As investigações realizadas por Eastman, Teicholz, Sacks e Liston (2011) enfatizam que a padronização de protocolos de gestão e o estabelecimento de estruturas consistentes são essenciais para assegurar a qualidade e eficiência do BIM. Ademais, Succar e Kassem (2015) destacam que a instauração de padrões e protocolos de uso no BIM ainda representam um desafio expressivo na indústria da construção.

**Item 2.** Demanda por uma carga de trabalho maior nas etapas iniciais do projeto (PR2)

A carga de trabalho elevada nas fases iniciais de um projeto BIM, necessária para a correta implementação do sistema, configura esta barreira. O planejamento e execução cuidadosos podem mitigar a sobrecarga potencial da equipe de projeto, minimizando assim, o impacto negativo no desenvolvimento do projeto. Azhar (2011) ressalta a relevância do planejamento adequado das etapas iniciais do projeto para evitar sobrecarga e garantir uma implementação bem-sucedida do BIM. Similarmente, Gu e London (2018) salientam a necessidade de gerenciamento cuidadoso dos recursos nas fases iniciais de um projeto BIM, com o objetivo de assegurar uma implementação eficaz e eficiente.

**Item 3.** Ausência de estrutura e modelos para a gestão de contratos e definição de responsabilidades (PR3)

Eastman et al. (2011), enfatizam que a definição clara das responsabilidades dos envolvidos no ciclo de vida de um projeto construtivo é crucial para a integração bem-sucedida do BIM em todas as fases do empreendimento. Ademais, a falta de modelos de gestão de contratos adequados pode levar a ambiguidades e conflitos, como argumentado por Succar (2009), o que pode comprometer a obtenção dos benefícios plenos do BIM, como a redução de custos, melhoria da comunicação e aumento da eficiência operacional.

**Item 4.** Complexidade inerente à operação de software e processos de BIM (PR4)

Esta barreira diz respeito à complexidade técnica inerente ao manuseio de softwares de BIM e à execução de processos relacionados. A necessidade de conhecimento técnico especializado e habilidades específicas pode representar um obstáculo significativo para a equipe de projeto. Succar (2009) sublinha a necessidade de fornecer treinamento adequado e suporte técnico para a equipe lidar com a complexidade dos softwares e processos do BIM. Corroborando essa ideia, Porwal e Hewage (2013) ressaltam que o treinamento efetivo e o apoio contínuo são fundamentais para superar as barreiras técnicas do BIM. Mais recentemente, Dossick e Neff (2019) reafirmaram a relevância desse desafio, salientando a importância do aprimoramento contínuo das habilidades técnicas na era do BIM.

**Item 5.** Dificuldade em compreender as demandas dos clientes nas etapas iniciais do projeto (PR5)

Este obstáculo refere-se à complexidade de entender e satisfazer as demandas dos clientes no início do projeto. A coleta e interpretação adequadas das necessidades e expectativas dos clientes podem ser particularmente desafiadoras no contexto do BIM, que requer uma compreensão detalhada desde as fases iniciais. Arayici, Coates, Koskela, Kagioglou e Usher (2011) destacam a importância de uma comunicação eficaz e colaboração próxima com os clientes para superar essa barreira. Além disso, Azhar, Khalfan e Maqsood (2012), juntamente com Kamari, Manley e Hampson (2018), insistem na necessidade de interação eficaz com os clientes para aprimorar a compreensão de suas demandas no contexto do BIM.

As barreiras relacionadas aos processos estão relacionadas às dificuldades mencionadas pelos autores em relação às características organizacionais. A barreira mais comum encontrada na revisão foi a ausência de frameworks e procedimentos para orientar os processos de gestão dentro do BIM, o que corrobora a relevância deste estudo. A demanda por uma carga de trabalho mais intensa nas etapas iniciais do projeto refere-se à falta de ferramentas de esboço ou paramétricas no BIM para auxiliar no desenvolvimento inicial. Lasarte et al. (2021) mencionaram a dificuldade e o consumo de tempo para elaborar projetos em um contexto BIM.

A ausência de frameworks e modelos para o gerenciamento de contratos e definição de responsabilidades está relacionada a alguns dos aspectos mais desafiadores do BIM, como a propriedade intelectual de projetos realizados em um ambiente colaborativo. A quarta barreira abordada foi a complexidade de algumas ferramentas de BIM, com algumas delas apresentando uma curva de aprendizado desafiadora. Os softwares de BIM, de acordo com Han et al. (2021), exigem mais horas de treinamento do que os softwares CAD. O quinto problema está relacionado à ausência de ferramentas de BIM que possam auxiliar na compreensão das demandas do cliente.

### 5.1.3 Barreiras na área de Tecnologia

Quanto às barreiras categorizadas como de cunho Tecnológico, tem-se os seguintes apontamentos, conforme Apêndice III.

Essas barreiras podem ser categorizadas e resumidas em dois aspectos principais que decorrem das problemáticas mencionadas nos trabalhos acima, conforme segue no

Quadro 12.

Quadro 12 – Barreiras na área de Tecnologia

Cód.	Descrição
T1	Elevado custo de <i>software</i> e <i>hardware</i>
T2	Problemas de interoperabilidade entre <i>softwares</i>

Quanto às problemáticas descritas a partir da compilação de barreiras ao longo dos trabalhos aferidos neste mapeamento sistemático, pode-se descrevê-las e sintetizá-las da seguinte forma:

**Item 1.** Elevado Custo de *Software* e *Hardware* (T1)

Segundo Succar (2009), o elevado custo de *software* e *hardware* refere-se aos altos investimentos necessários para adquirir e manter as ferramentas e equipamentos necessários para a utilização efetiva do BIM. A implementação do BIM requer a utilização de *softwares* específicos e equipamentos de *hardware* adequados para executar as tarefas relacionadas ao processo BIM. Esses custos podem ser significativos para as organizações, especialmente para aquelas de menor porte.

**Item 2.** Problemas de Interoperabilidade entre Softwares (T2)

A falta de padronização e a incompatibilidade entre diferentes plataformas e sistemas de software são citadas por Arayici et. al (2012) como uma barreira significativa para a troca eficiente de informações entre os diversos stakeholders de um projeto. Essa falta de interoperabilidade pode levar a erros de comunicação, perda de dados e retrabalho, comprometendo a colaboração e a eficácia do BIM como uma metodologia de gestão integrada. Além disso, a utilização de diferentes softwares por diferentes profissionais envolvidos no processo construtivo pode resultar em inconsistências e discrepâncias na representação dos dados, o que pode prejudicar a tomada de decisões informadas e a coordenação efetiva entre as equipes.

#### 5.1.4 Avaliação das barreiras por meio de questionário aplicado a especialistas

As entrevistas em questão foram conduzidas conforme descrito na metodologia deste trabalho, utilizando-se de formulário (verificar Apêndice IV), conforme as possibilidades dos entrevistados em termos de horário, utilizando a ferramenta Google Meet. Os resultados seguem compilados na Tabela 1:



Tabela 1 – Respostas das entrevistas semiestruturadas

	<b>P-1</b>	<b>P-2</b>	<b>P-3</b>	<b>P-4</b>	<b>P-5</b>	<b>P-6</b>	<b>PR-1</b>	<b>PR-2</b>	<b>PR-3</b>	<b>PR-4</b>	<b>PR-5</b>	<b>T-1</b>	<b>T-2</b>
<b>Especialista 1</b>	4	4	2	2	3	2	5	2	4	4	1	3	2
<b>Especialista 2</b>	5	5	5	5	5	4	5	3	5	4	5	3	3
<b>Especialista 3</b>	3	4	5	2	5	4	5	2	5	3	4	3	5
<b>Especialista 4</b>	4	4	4	5	4	5	5	3	5	2	3	5	3
<b>Média</b>	4	4,25	4	3,5	4,25	3,75	5	2,5	4,75	3,25	3,25	3,5	3,25
<b>Desvio padrão (<math>\sigma</math>)</b>	0,8165	0,5	1,414214	1,732051	0,957427	1,258306	0	0,57735	0,5	0,957427	1,707825	1	1,258306

Conforme demonstrado no gráfico anterior, os resultados revelaram uma maior variabilidade nas avaliações das barreiras P3 (Resistência pessoal a um ambiente mais colaborativo), P4 (Ausência de retorno financeiro perceptível), P6 (Ausência de comprometimento por parte da alta administração), PR 5 (Dificuldade em compreender as demandas do cliente nas etapas iniciais do projeto) e T-2 (Problemas de interoperabilidade entre os softwares). Esses problemas evidenciaram uma dispersão maior, atribuída, em grande parte, às diferentes experiências e áreas de atuação dos profissionais avaliados. Considerou-se admissível um certo grau de discordância nas respostas dado o limitado número de participantes.

Por outro lado, problemas de natureza mais genérica, que podem ocorrer em qualquer organização que busque utilizar o BIM, apresentaram um maior grau de concordância entre os participantes. Portanto, todas as barreiras identificadas foram consideradas válidas e foram incluídas no estudo Delphi.

## 5.2 FASE 2: Validação da correlação entre princípios e práticas

### 5.2.1 Princípios e Práticas do *Lean*

Depois da revisão de literatura, foram analisados artigos científicos, sendo extraídos princípios e práticas, conforme Apêndice IV.

Esses princípios e valores já resultam de uma análise mais minuciosa de diversos artigos, sendo então sintetizados em 17 princípios, como pode ser observado no Quadro 13.

Quadro 13 – Práticas e Princípios: Lean

<b>Cód.</b>	<b>Descrição</b>
<b>Lean 01</b>	Melhorar a visualização do fluxo de trabalho da construção utilizando o modelo Kanban
<b>Lean 02</b>	Aplicar o Lean Design nos projetos
<b>Lean 03</b>	Utilizar o Last Planner System na fase de projeto para integrar melhor as equipes de produção com base nas informações obtidas do modelamento BIM.

<b>Cód.</b>	<b>Descrição</b>
<b>Lean 04</b>	Realizar o mapeamento tradicional do fluxo de valor.
<b>Lean 05</b>	Aplicar o método Digital Obeya Room, combinando diferentes disciplinas de engenharia em um único ambiente, buscando uma única fonte de informação.
<b>Lean 06</b>	Utilizar o Gerenciamento de Design Baseado em Localização. Os detalhes devem ser realizados em clusters determinados, gerenciados de acordo com sua localização espacial.
<b>Lean 07</b>	Realizar o mapeamento contratual, mesclando e adaptando elementos contratuais já bem-sucedidos de acordo com a história da empresa com ferramentas BIM, promovendo um ambiente de confiança e cooperação.
<b>Lean 08</b>	Utilizar o Last Planner System para desenvolver um fluxo de trabalho mais realista, ouvindo o feedback dos clientes, empreiteiros e projetistas.
<b>Lean 09</b>	Aplicar o conceito de Integrated Project Delivery, buscando um melhor equilíbrio entre riscos e recompensas entre os participantes do projeto.
<b>Lean 10</b>	Utilizar o Gerenciamento de Design Baseado em Localização. Os detalhes de execução de certos serviços, como o cálculo estimado de quantidades de projetos.
<b>Lean 11</b>	Adaptar o LOD do projeto de acordo com as necessidades do cliente, focando na modelagem dos elementos de maior valor agregado.
<b>Lean 12</b>	Garantir transparência e acesso às informações do projeto a todos os Stakeholders.
<b>Lean 13</b>	Adotar o princípio Lean chamado "Gemba", com foco na observação pessoal de problemas pelos membros seniores da gestão.
<b>Lean 14</b>	Implementar a adoção de reuniões multidisciplinares com uma ampla gama de Stakeholders para que todos possam sugerir possíveis soluções para o projeto.

<b>Cód.</b>	<b>Descrição</b>
<b>Lean 15</b>	Envolvimento ativo e sistemático do cliente no processo de design inicial. Aplicação do Lean Design, maximizando o valor gerado e identificando as necessidades e objetivos de todas as partes envolvidas.
<b>Lean 16</b>	Utilizar o Gerenciamento de Design Baseado em Localização. Os detalhamentos devem ser realizados em clusters determinados, gerenciados de acordo com sua localização espacial.
<b>Lean 17</b>	Avaliar o grau de maturidade na adoção do BIM

Esses princípios citados seguem melhor descritos abaixo:

Lean 01: O princípio Lean de melhorar a visualização do fluxo de trabalho da construção utilizando o modelo Kanban está relacionado à aplicação de técnicas visuais para identificar e gerenciar o fluxo de trabalho de forma eficiente. O Kanban é uma metodologia visual que utiliza cartões ou quadros para representar as etapas do processo de construção, permitindo que as equipes visualizem o status das tarefas, identifiquem gargalos e promovam a comunicação e colaboração entre os membros da equipe (Koskela, 1992 e Ballard e Howell, 1998).

Lean 02: Aplicar o Lean Design nos projetos, segundo Koskela (2002), este é um princípio Lean que visa otimizar os processos de projeto, buscando eliminar desperdícios e maximizar o valor entregue aos clientes. O Lean Design envolve a aplicação dos princípios Lean, como a identificação e redução de atividades que não agregam valor, a melhoria da comunicação e colaboração entre as equipes de projeto e a busca por soluções mais eficientes e inovadoras.

Lean 03: O princípio Lean de utilizar o Sistema do Último Planejador (Last Planner System) na fase de projeto tem como objetivo integrar de forma mais eficiente as equipes de produção com base nas informações obtidas do modelamento BIM. O Last Planner System é um método de planejamento colaborativo que envolve todas as partes envolvidas no projeto, permitindo uma melhor coordenação e comunicação entre as equipes. Com base nas informações do modelamento BIM, as equipes podem estabelecer

planos realistas e comprometidos, identificar dependências entre as tarefas e acompanhar o progresso do projeto de forma mais precisa (Rother e Schook, 2003).

Lean 05: Buscar priorizar, mesmo que a um custo significativo, a aquisição de tecnologias que otimizem a O princípio Lean de aplicar o método Digital Obeya Room visa combinar diferentes disciplinas de engenharia em um único ambiente digital, buscando uma única fonte de informação. O Digital Obeya Room é uma abordagem que utiliza tecnologias digitais para criar um espaço virtual de colaboração, onde equipes multidisciplinares podem compartilhar informações, comunicar-se e colaborar de forma eficiente. A utilização dessa abordagem busca eliminar a dispersão de informações e promover uma visão comum do projeto, facilitando a tomada de decisões e melhorando a eficácia das equipes, conforme Alsehaimi, A. O., & Riaz, M. (2019).

Lean 06: Esse princípio Lean, segundo Koskela (2000) tem como objetivo buscar a adoção de tecnologias e ferramentas que possam melhorar a produtividade e eficiência dos processos de construção. Isso envolve investir em soluções tecnológicas que possam agilizar as tarefas, reduzir o tempo de execução e minimizar erros. Ao priorizar a aquisição dessas tecnologias, mesmo que isso envolva um custo inicial mais elevado, espera-se obter benefícios a longo prazo em termos de eficiência e qualidade.

Lean 07: Esse princípio Lean, segundo Olofsson, T., & Wikforss, Ö. (2017) visa promover a colaboração e cooperação entre as partes envolvidas no projeto, por meio de um mapeamento contratual que integra elementos contratuais já bem-sucedidos com o uso de ferramentas BIM. Essa abordagem busca criar um ambiente de confiança mútua entre os participantes do projeto, estabelecendo expectativas claras, definindo responsabilidades e incentivando a cooperação para alcançar os objetivos comuns.

Lean 08: O Sistema do Último Planejador, também conhecido como Last Planner System, é uma metodologia Lean que busca melhorar a eficiência e a confiabilidade do planejamento e controle das atividades em um projeto de construção. Esse sistema envolve a colaboração entre os participantes do projeto, como clientes, empreiteiros e projetistas, para desenvolver um fluxo de trabalho mais realista, considerando as restrições e os prazos estabelecidos. O feedback dos envolvidos é essencial para ajustar e aprimorar o planejamento, garantindo a entrega do projeto dentro dos prazos e com a qualidade desejada (Ballard e Howell, 2003).

Lean 09: O conceito de Integrated Project Delivery (IPD) é uma abordagem colaborativa que busca a integração dos diferentes participantes do projeto, incluindo clientes, projetistas, construtores e fornecedores, desde as fases iniciais do projeto até a entrega final. Essa abordagem visa promover um melhor equilíbrio entre os riscos e recompensas entre os envolvidos, incentivando a colaboração, a comunicação efetiva e o compartilhamento de responsabilidades. O IPD busca alinhar os interesses de todas as partes para alcançar melhores resultados em termos de qualidade, custo e prazo.

Lean 10: A automação é um princípio Lean que visa eliminar atividades manuais e repetitivas por meio do uso de tecnologias e rotinas algorítmicas. No contexto da construção, a automação pode ser aplicada para a execução de serviços específicos, como o cálculo estimado de quantidades de projetos. Ao utilizar algoritmos e ferramentas computacionais, é possível agilizar e aprimorar a precisão desses cálculos, reduzindo a dependência de processos manuais demorados e suscetíveis a erros (Ballard e Howell, 2003).

Lean 11: O princípio Lean 11 envolve a adaptação do nível de detalhe (*Level of Detail - LOD*) do projeto de acordo com as necessidades específicas do cliente. Isso significa que a modelagem e especificação dos elementos do projeto devem ser direcionadas aos elementos que agregam maior valor para o cliente. Ao focar nos elementos de maior valor agregado, é possível otimizar o uso dos recursos e garantir que o projeto atenda às expectativas e requisitos do cliente.

Lean 12: Esse princípio Lean destaca a importância de garantir transparência e acesso às informações do projeto a todos os Stakeholders envolvidos. Isso envolve a disponibilização de informações relevantes de forma clara e acessível, de modo a promover a colaboração, a comunicação efetiva e a tomada de decisões informadas. Ao fornecer acesso às informações do projeto, é possível melhorar a compreensão, alinhar expectativas e engajar todos os envolvidos de forma mais eficiente.

Lean 13: O princípio Lean 13, conhecido como "Gemba", destaca a importância da observação pessoal dos problemas pelos membros seniores da gestão. O termo "Gemba" se refere ao local de trabalho real, onde as atividades são executadas. Ao adotar esse princípio, os líderes e gerentes devem estar presentes no local de trabalho para identificar e compreender os problemas enfrentados pelas equipes. Isso permite uma compreensão

mais profunda dos desafios, facilitando a implementação de melhorias e a tomada de decisões mais embasadas (Womack e Jones, 2003).

Lean 14: Esse princípio Lean destaca a importância de realizar reuniões multidisciplinares com a participação de diversos Stakeholders envolvidos no projeto. Essas reuniões proporcionam um espaço para que diferentes perspectivas e conhecimentos sejam compartilhados, permitindo a sugestão e discussão de possíveis soluções para os desafios do projeto. Ao envolver uma ampla gama de Stakeholders, é possível obter insights valiosos, promover a colaboração e tomar decisões mais embasadas.

Lean 15: Esse princípio Lean destaca a importância de envolver ativamente o cliente no processo de design inicial do projeto. O objetivo é maximizar o valor gerado, entendendo as necessidades e objetivos do cliente e considerando-os desde as fases iniciais do projeto. A aplicação do Lean Design busca criar soluções que atendam aos requisitos do cliente de forma eficiente, eliminando desperdícios e otimizando o projeto como um todo.

Lean 16: Esse princípio Lean destaca o uso do Gerenciamento de Design Baseado em Localização, que envolve a organização e detalhamento dos elementos do projeto em clusters determinados com base em sua localização espacial. Ao agrupar os detalhes por localização, é possível melhorar a eficiência do processo de projeto, otimizar a comunicação entre as equipes envolvidas e reduzir retrabalhos. Isso permite um melhor controle e gerenciamento das informações relacionadas ao design do projeto.

Lean 17: Esse princípio Lean destaca a importância de avaliar o grau de maturidade na adoção do BIM (Building Information Modeling) em uma organização antes de implementar medidas de gestão relacionadas. Antes de iniciar a implementação de práticas Lean e BIM, é fundamental compreender as necessidades e realidade da organização, bem como identificar os gaps e áreas de melhoria específicas. Dessa forma, é possível direcionar as medidas de gestão de forma mais eficaz e obter melhores resultados na integração do Lean e do BIM (Succar,2009).

### 5.2.2 Princípios e Práticas do Método *Agile*

Depois da revisão de literatura, foram analisados artigos científicos, sendo extraídos princípios e práticas, conforme Apêndice V.

Os princípios e práticas foram então sintetizados em sete elementos, conforme Quadro 14 abaixo.

Quadro 14 – Princípios do Método *Agile*

<b>Cod.</b>	<b>Descrição</b>
<b>Agil 01</b>	Reduzir etapas do projeto usando múltiplas equipes
<b>Agil 02</b>	Gerenciamento autônomo e baseado em resultados
<b>Agil 03</b>	Adotar tecnologia blockchain. Encorajar a adoção de equipes menores dotadas de maior autonomia na área de contratos
<b>Agil 04</b>	Encorajar a adoção de equipes menores dotadas de maior autonomia
<b>Agil 05</b>	Aumentar a frequência de entrega de projetos, aumentando o saldo junto ao contratante
<b>Agil 06</b>	Garantir plataformas de integração em tempo real por meio de hubs acessíveis
<b>Agil 07</b>	Buscar nivelar o nível de conhecimento das equipes

Pode-se descrever os princípios supracitados conforme segue abaixo:

Agile 01: Esse princípio Agile destaca a importância de reduzir a burocracia e a complexidade do projeto, permitindo que múltiplas equipes trabalhem de forma colaborativa e interdisciplinar. Ao dividir o projeto em etapas menores e atribuir responsabilidades claras para cada equipe, é possível acelerar a entrega do projeto e promover maior eficiência na execução das atividades. Esse princípio encontra também respaldo no trabalho de Schwaber, K., & Sutherland, J. (2017).



Agile 02: Esse princípio Agile enfatiza a autonomia das equipes de projeto e o gerenciamento baseado em resultados. Em vez de um controle rígido e centralizado, as equipes são incentivadas a autogerenciar suas atividades, tomar decisões e buscar soluções de forma independente. O foco está nos resultados e na entrega de valor ao cliente, permitindo maior flexibilidade e capacidade de adaptação às mudanças. Cockburn (2002) e Highsmith (2004) foram dois relevantes autores que demonstraram como esse princípio pode ser aplicado.

Agile 03: Esse princípio Agile destaca a utilização da tecnologia blockchain na área de contratos como forma de promover transparência, segurança e eficiência. A adoção da tecnologia blockchain permite a criação de contratos inteligentes e descentralizados, eliminando intermediários e proporcionando maior confiabilidade e rastreabilidade nas transações contratuais. Além dos autores citados no mapeamento, Tappscott e Tappscott (2016) e Swan (2015) escreveram relevantes trabalhos que definem diretrizes sobre a aplicabilidade da tecnologia blockchain.

Agile 04: Esse princípio Agile, conforme Sutherland (2014), destaca a utilização da tecnologia blockchain na área de contratos como forma de promover transparência, segurança e eficiência. A adoção da tecnologia blockchain permite a criação de contratos inteligentes e descentralizados, eliminando intermediários e proporcionando maior confiabilidade e rastreabilidade nas transações contratuais.

Agile 05: Esse princípio Agile destaca a importância de entregar valor ao cliente de forma incremental e contínua, por meio de entregas frequentes. Ao adotar ciclos de desenvolvimento curtos e priorizar a entrega de funcionalidades com valor agregado, é possível obter feedback rápido, realizar ajustes e atender às necessidades do cliente de maneira mais efetiva.

Agile 06: Esse princípio Agile destaca a importância de entregar valor ao cliente de forma incremental e contínua, por meio de entregas frequentes. Ao adotar ciclos de desenvolvimento curtos e priorizar a entrega de funcionalidades com valor agregado, é possível obter feedback rápido, realizar ajustes e atender às necessidades do cliente de maneira mais efetiva. Relevantes autores que definiram diretrizes acerca destas técnicas são Cockburn e Highsmith (2001) e Rising e Janoff (2000).

Agile 07: Esse princípio Agile destaca a importância de nivelar o conhecimento das equipes, garantindo que todos os membros possuam uma compreensão comum das metas, processos e práticas ágeis. O compartilhamento de conhecimento e a capacitação contínua são fundamentais para garantir uma equipe coesa, alinhada e capaz de trabalhar de forma colaborativa e eficiente (KNIBERG, 2017).

### 5.2.3 Princípios e Práticas do *Design Thinking*

Depois da revisão de literatura, foram analisados artigos científicos, sendo extraídos princípios e práticas, conforme Apêndice VI. Os princípios e práticas foram então sintetizados em sete elementos, conforme Quadro 15 abaixo.

Quadro 15 – Princípios do *Design Thinking*

<b>DT 01</b>	Adoção do raciocínio divergente/convergente
<b>DT 02</b>	O processo produtivo deve ser transparente, com uma análise lógica de cada etapa.
<b>DT 03</b>	Fomentar flexibilidade e adaptabilidade na equipe.
<b>DT 04</b>	Adotar um mindset que melhor equilibre a aversão ao risco.
<b>DT 05</b>	Investir esforços na criação de um produto minimamente viável através do incentivo a criação de protótipos.
<b>DT 06</b>	Realizar um mapeamento detalhado do perfil de cada cliente.

Esses princípios podem ser melhor descritos conceitualmente através de autores de renome que primeiro apontaram a possibilidade de aplicação, conforme segue abaixo:

DT 01 - Esse princípio do *Design Thinking* enfatiza a importância de adotar uma abordagem que permita a geração de uma ampla variedade de ideias (raciocínio divergente) seguida pela seleção e refinamento das melhores ideias (raciocínio convergente). A combinação desses dois modos de pensamento estimula a criatividade, a inovação e a busca por soluções efetivas. Renomados autores que abordaram esse tema são Brown (2008) e Kelley e Kelley (2013), que trataram do tema com um aspecto gerencial.

DT 02 - Esse princípio destaca a importância da transparência e da análise lógica do processo produtivo no Design Thinking. A equipe deve ter uma compreensão clara das etapas do processo, identificando pontos de melhoria, oportunidades de inovação e possíveis obstáculos. A transparência promove uma melhor colaboração e a identificação de soluções mais eficientes e eficazes.

DT 03 - Esse princípio do Design Thinking destaca a importância de ter uma equipe flexível e adaptável, capaz de se ajustar às mudanças e desafios que surgem durante o processo de design. A flexibilidade permite que a equipe experimente novas abordagens, teste diferentes soluções e se adapte rapidamente às necessidades e feedback dos usuários. Autor renomado que menciona teoricamente este princípio é Brown e Wyatt (2010) na obra *Design thinking for social innovation*. Stanford Social Innovation Review.

DT 04 - Esse princípio destaca a importância de adotar um mindset que equilibre a aversão ao risco com a busca pela inovação. No Design Thinking, é necessário estar aberto a assumir riscos calculados e explorar novas abordagens, mesmo diante da incerteza. Ao equilibrar a aversão ao risco com a busca por soluções ousadas, é possível promover a inovação e obter resultados diferenciados.

DT 05 – Também preconizado por Brown e Wyatt (2010), esse princípio destaca a importância de investir esforços na criação de um produto minimamente viável (MVP) por meio da prototipagem. O Design Thinking valoriza a iteração e o aprendizado através da construção rápida de protótipos, permitindo testar e validar ideias antes de investir recursos significativos. Isso reduz riscos, economiza tempo e recursos, e facilita a obtenção de feedback dos usuários.

DT 06 - Esse princípio destaca a importância de realizar um mapeamento detalhado do perfil de cada cliente no processo de Design Thinking. Compreender profundamente as necessidades, desejos, comportamentos e características dos usuários é fundamental para projetar soluções que atendam às suas expectativas e proporcionem uma experiência positiva. O mapeamento do perfil do cliente ajuda a direcionar as decisões de design e a criar soluções centradas no usuário.

#### 5.2.4 Resultados das rodadas do Delphi

A análise da CG na primeira rodada revelou que, embora fosse maior que 50% (CG) para todos os atributos, valores de DP maiores que 1,0 para vários atributos exigiram a segunda rodada.

Os resultados do W de Kendall e da Concordância Geral (CG) indicaram a necessidade de uma segunda rodada.

Tabela 2 – Dados estatísticos do Delphi

<b>Análise</b>	<b>Lean</b>	<b>Agile</b>	<b>Design Thinking</b>
<b>W de Kendall</b>	0,3626	0,3631	0,369
<b>CG</b>	0,6823	0,6769	0,6448
<b><math>\sigma</math></b>	0,538	0,5077	0,6314

Mesmo considerando que a Concordância Geral tenha sido superior a 0,5, o W de Kendall ainda foi considerado insuficiente. Perpeen et al. (2017) indicaram que um valor acima de 0,7 representa um alto nível de consenso. Apesar do desvio padrão apresentar um valor relativamente baixo, deve-se considerar que existem apenas três respostas possíveis, o que exige uma menor dispersão para validar os resultados. Para criar o quadro com base no estudo Delphi, é necessário um acordo mais significativo. A segunda rodada foi conduzida com feedback controlado, adicionalmente, uma planilha do Excel foi enviada aos participantes com as respostas anteriores da primeira rodada para comparação. Essa técnica incentivou os especialistas a agregarem suas respostas e alcançarem um consenso de grupo. No entanto, apenas 6 dos 10 membros do painel concordaram em participar da segunda rodada, que apresentou os seguintes resultados.

Tabela 3 – Dados estatístico da segunda rodada do Delphi

<b>Análise</b>	<b>Lean</b>	<b>Agile</b>	<b>Design Thinking</b>
<b>W de Kendall</b>	0,80	0,75	0,78

<b>Análise</b>	<b>Lean</b>	<b>Agile</b>	<b>Design Thinking</b>
<b>CG</b>	0,93	0,91	0,89
$\sigma$	0,22	0,25	0,309

Devido aos valores satisfatórios obtidos na segunda rodada, incluindo um W de Kendall superior a 0,70, indicando um alto nível de consenso, e uma concordância geral considerada elevada, acima de 0,80, o estudo Delphi foi concluído. O desafio de contatar os membros do painel também contribuiu para essa decisão de não realizar mais rodadas. O Kendall's W encontrado apresentou um valor de p inferior a 0,03, permitindo rejeitar a hipótese nula.

Ao realizar a média das avaliações, desenvolvemos um quadro que associa cada barreira identificada a um conjunto de princípios e práticas intimamente relacionados que as organizações podem utilizar para superar com sucesso esses obstáculos.

A matriz de relação Barreira-Princípio foi elaborada separadamente para Lean, Agile e Design Thinking.

Tabela 4 – Matriz de relações entre barreira e princípio do Lean

	<b>P-1</b>	<b>P-2</b>	<b>P-3</b>	<b>P-4</b>	<b>P-5</b>	<b>P-6</b>	<b>PR-1</b>	<b>PR-2</b>	<b>PR-3</b>	<b>PR-4</b>	<b>PR-5</b>	<b>T-1</b>	<b>T-2</b>
<b>Lean 01</b>	2	2	1	0	1	1	1	2	1	1	1	1	1
<b>Lean 02</b>	1	1	1	0	2	1	1	2	1	1	2	1	1
<b>Lean 03</b>	2	2	2	0	2	1	1	2	2	1	2	1	1
<b>Lean 04</b>	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	0	1
<b>Lean 05</b>	2	2	1	0	2	1	2	1	1	2	0	1	0
<b>Lean 06</b>	2	2	1	1	2	1	1	2	1	2	2	2	2
<b>Lean 07</b>	1	1	2	0	1	1	1	2	2	2	2	0	1

	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	PR-1	PR-2	PR-3	PR-4	PR-5	T-1	T-2
<b>Lean 08</b>	1	2	1	1	1	1	2	2	2	1	2	1	1
<b>Lean 09</b>	1	2	2	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1
<b>Lean 10</b>	2	2	2	0	2	1	2	2	1	2	0	1	2
<b>Lean 11</b>	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1
<b>Lean 12</b>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2
<b>Lean 13</b>	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1
<b>Lean 14</b>	0	0	1	1	2	1	1	2	1	1	1	0	1
<b>Lean 15</b>	1	0	2	1	2	1	1	2	1	0	2	0	0
<b>Lean 16</b>	2	2	1	1	1	1	2	1	2	1	2	2	2
<b>Lean 17</b>	2	2	1	1	2	1	1	1	1	2	1	2	2

Como um conceito que foi amplamente testado na indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), não é surpreendente que os princípios lean tenham sido considerados aplicáveis à maioria das barreiras apresentadas no estudo.

Tabela 5 – Matriz de relações entre barreiras e princípios do *Agile*

	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	PR-1	PR-2	PR-3	PR-4	PR-5	T-1	T-2
<b>Agile 01</b>	1	2	2	1	2	2	2	1	2	2	1	1	0
<b>Agile 02</b>	2	2	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	0
<b>Agile 03</b>	2	2	1	2	1	2	2	2	2	2	1	1	1
<b>Agile 04</b>	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2	0
<b>Agile 05</b>	2	2	1	1	1	2	1	1	1	2	2	1	1
<b>Agile 06</b>	2	2	2	1	2	2	1	1	2	2	1	1	1

	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	PR-1	PR-2	PR-3	PR-4	PR-5	T-1	T-2
<b>Agile 07</b>	1	2	2	1	2	1	2	0	2	1	1	1	0

Embora os princípios ágeis tenham sido originalmente desenvolvidos no campo da programação e tecnologia, o estudo Delphi não os considerou uma solução significativa para os desafios tecnológicos. No entanto, eles foram bem recebidos como uma possível solução para superar as barreiras relacionadas a pessoas e processos.

Tabela 6 – Matriz de relações entre barreira e princípios do *Design Thinking*

	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	PR-1	PR-2	PR-3	PR-4	PR-5	T-1	T-2
<b>Des. Thinking 01</b>	2	2	1	1	2	2	2	1	2	0	1	1	0
<b>Des. Thinking 02</b>	2	2	1	1	2	2	2	2	2	0	0	1	0
<b>Des. Thinking 03</b>	1	2	1	0	2	2	2	2	2	0	1	1	0
<b>Des. Thinking 04</b>	2	2	1	1	2	2	2	2	2	0	1	1	0
<b>Des. Thinking 05</b>	1	2	1	1	2	2	2	2	2	0	1	1	0
<b>Des. Thinking 06</b>	1	2	1	1	2	2	2	1	2	0	1	1	0

As práticas e princípios do Design Thinking ajudaram a superar a maioria das barreiras relacionadas a pessoas e processos, conforme evidenciado pelo estudo Delphi. Embora tenha se mostrado eficaz para problemas importantes, mais pesquisas são necessárias para lidar com as barreiras tecnológicas, que estavam relacionadas apenas a alguns princípios lean.

Finalmente, para construção do Framework, serão considerados somente as relações barreira/princípio que pontuaram “2” no estudo Delphi por mais de 90% dos participantes, isto é, apresenta um coeficiente de concordância individual de 0,9. Deste modo, pode-se construir um Framework somente com as relações mais pertinentes, mitigando eventuais discordâncias e desarranjos no estudo Delphi ocasionados pelas limitações deste estudo (semântica e ausência de especialistas altamente qualificados em Agile e Design Thinking).

### **5.3 FASE 3: Representação Visual do *Framework* com Diagrama de Nós**

O diagrama de nós apresentado correlaciona as barreiras às práticas e princípios considerados como relevantes por 90% ou mais dos entrevistados, isto é, conecta barreiras a elementos tidos como altamente pertinentes e com valor de possível solução ao problema apresentado.

O diagrama de nós correlaciona essas práticas e princípios às barreiras cujo estudo Delphi indicou alto grau de correlação. A seta indica a aplicabilidade da prática/princípio à problemática.



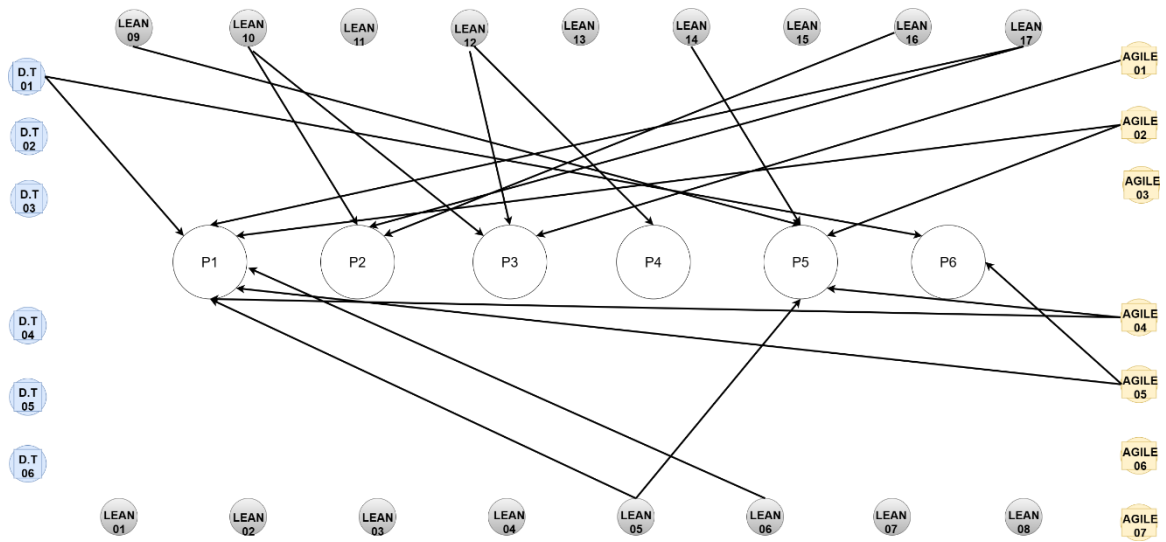


Figura 3 – Relações considerando barreira do tipo Pessoas

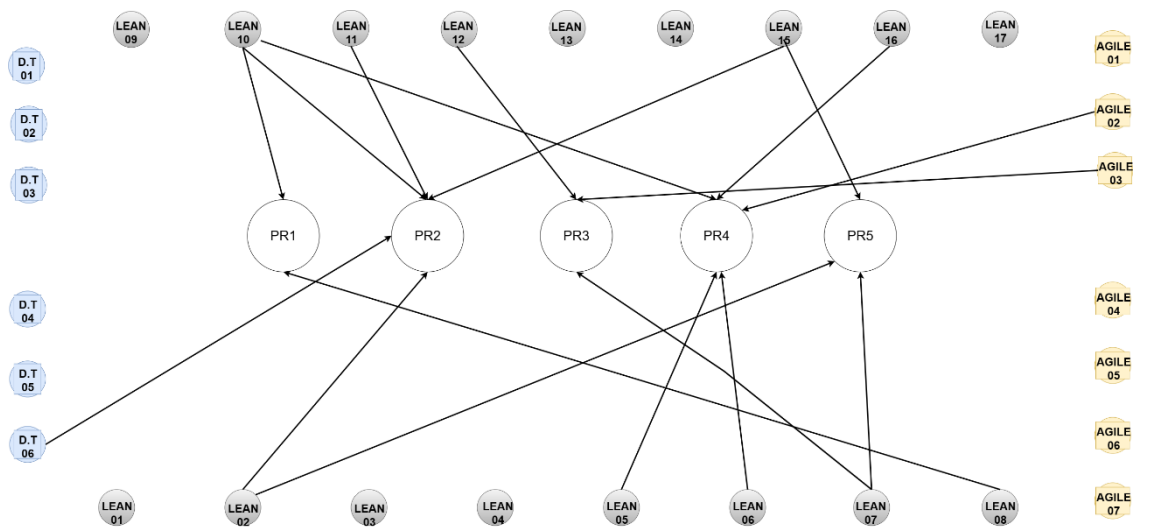


Figura 4 - Relações considerando barreira do tipo Processos

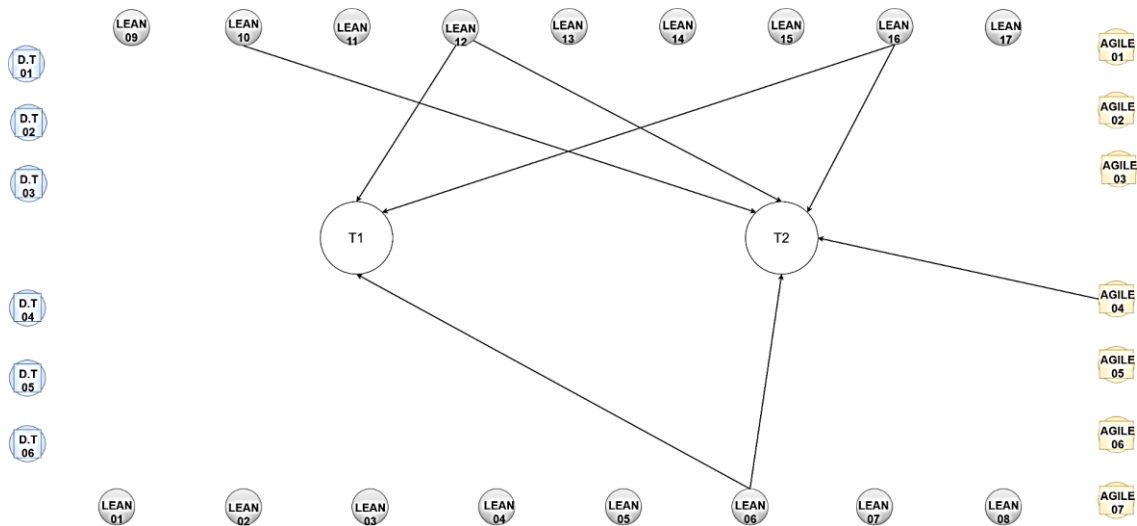


Figura 5 - Relações considerando barreira do tipo Tecnologia

As figuras acima representam as conexões entre os princípios e práticas com as barreiras, sendo representadas por linhas e setas, indicando conexões fortes de acordo com o estudo Delphi. Essa representação visual do framework pode ser utilizada de forma adequada ao definir a barreira e visualizar todas as setas conectadas a essa barreira específica. Os conceitos conectados a ela representam potenciais soluções, sendo considerados caminhos relevantes para encontrar soluções para os problemas relacionados ao usuário.

Conforme ilustrado na Figura 3, algumas classes de barreiras são mais comumente abordadas pelos princípios *Lean*. Esse resultado encontra correlação na literatura, conforme afirmado por Eastman e Sacks (2021), que destacaram que o *Lean* já é considerado um elemento sinérgico quando adotado em conjunto com o BIM.

Quanto ao *Agile*, de acordo com Tomek e Kalinichuk (2015), é considerado altamente eficaz em termos de eficiência dos processos. Esperava-se uma relação mais forte dos princípios Ágeis com as barreiras relacionadas a processos, devido às relações encontradas em diversos estudos. No entanto, a Figura 4 mostra uma integração menor do *Agile* com as barreiras de processos e uma relação significativa com as barreiras relacionadas a processos.

O *Design Thinking*, segundo Schneider (2017), traz uma abordagem humanística para as organizações. No entanto, os resultados do estudo Delphi indicam uma forte conexão e aplicabilidade de seus princípios também às barreiras relacionadas a processos.

Os Quadros 16, 17 e 18 trazem em suas colunas, as práticas e princípios fortemente correlacionadas ( $CG > 0,9$  no segundo round do estudo Delphi), abaixo de cada problemática, estão descritas as práticas e princípios associadas a ele.

Quadro 16 – Princípios tidos como pertinentes às barreiras tipo Pessoas

<b>Necessidade de alto investimento de tempo e dinheiro para treinamento da equipe</b>	<b>Dificuldade em encontrar equipe técnica qualificada</b>	<b>Resistência pessoal a um ambiente mais colaborativo</b>	<b>Ausência de retorno financeiro perceptível</b>	<b>Dificuldade em gerenciar equipes dentro de um contexto colaborativo</b>	<b>Ausência de compromisso por parte da alta administração (Governo e Alta Administração de Empresas)</b>
Aplicar o método Digital Obeya Room, combinando diferentes disciplinas de engenharia em um único ambiente, buscando uma única fonte de informação.	Buscar automatizar, por meio de rotinas algorítmicas, a execução de certos serviços, como o cálculo estimado de quantidades de projetos.	Buscar automatizar, por meio de rotinas algorítmicas, a execução de certos serviços, como o cálculo estimado de quantidades de projetos.	Garantir transparência e acesso às informações do projeto a todos os Stakeholders.	Aplicar o método Digital Obeya Room, combinando diferentes disciplinas de engenharia em um único ambiente, buscando uma única fonte de informação.	Aumentar a frequência de entrega de projetos, aumentando o saldo junto ao contratante
Buscar priorizar, mesmo que a um custo significativo, a aquisição de tecnologias que otimizem a produtividade, visando a redução dos tempos de ciclo das tarefas.	Utilizar o Gerenciamento de Design Baseado em Localização. Os detalhamentos devem ser realizados em	Garantir transparência e acesso às informações do projeto a todos os <i>Stakeholders</i> .		Aplicar o conceito de Integrated Project Delivery, buscando um melhor equilíbrio entre riscos e recompensas	Adoção do raciocínio divergente/convergente

Necessidade de alto investimento de tempo e dinheiro para treinamento da equipe	Dificuldade em encontrar equipe técnica qualificada	Resistência pessoal a um ambiente mais colaborativo	Ausência de retorno financeiro perceptível	Dificuldade em gerenciar equipes dentro de um contexto colaborativo	Ausência de compromisso por parte da alta administração (Governo e Alta Administração de Empresas)
Utilizar o Gerenciamento de Design Baseado em Localização. Os detalhamentos devem ser realizados em clusters determinados, gerenciados de acordo com sua localização espacial.	clusters determinados, gerenciados de acordo com sua localização espacial.	Reduzir etapas do projeto usando múltiplas equipes		entre os participantes do projeto.	
	Buscar definir o grau de maturidade na adoção do BIM nas organizações de acordo com as necessidades dessa organização antes de implementar medidas de gestão			Implementar a adoção de reuniões multidisciplinares com uma ampla gama de Stakeholders para que todos possam sugerir possíveis soluções para o projeto.	

<b>Necessidade de alto investimento de tempo e dinheiro para treinamento da equipe</b>	<b>Dificuldade em encontrar equipe técnica qualificada</b>	<b>Resistência pessoal a um ambiente mais colaborativo</b>	<b>Ausência de retorno financeiro perceptível</b>	<b>Dificuldade em gerenciar equipes dentro de um contexto colaborativo</b>	<b>Ausência de compromisso por parte da alta administração (Governo e Alta Administração de Empresas)</b>
<p>Buscar definir o grau de maturidade na adoção do BIM nas organizações de acordo com as necessidades dessa organização antes de implementar medidas de gestão</p>	<p>Gerenciamento autônomo e baseado em resultados</p>			<p>Gerenciamento autônomo e baseado em resultados.</p>	
<p>Gerenciamento autônomo e baseado em resultados.</p>	<p>Encorajar a adoção de equipes menores dotadas de maior autonomia</p>			<p>Encorajar a adoção de equipes menores dotadas de maior autonomia</p>	
<p>Encorajar a adoção de equipes menores dotadas de maior autonomia.</p>					

<b>Necessidade de alto investimento de tempo e dinheiro para treinamento da equipe</b>	<b>Dificuldade em encontrar equipe técnica qualificada</b>	<b>Resistência pessoal a um ambiente mais colaborativo</b>	<b>Ausência de retorno financeiro perceptível</b>	<b>Dificuldade em gerenciar equipes dentro de um contexto colaborativo</b>	<b>Ausência de compromisso por parte da alta administração (Governo e Alta Administração de Empresas)</b>
--	--	--	---	--	---

---

Aumentar a frequência de entrega de projetos, aumentando o saldo junto ao contratante.

Adotar raciocínio Convergente/Divergente.

Quadro 17 – Princípios tidos como pertinentes às barreiras tipo Processos

Ausência de estruturas e procedimentos para orientar os processos de gestão	Demanda por uma carga de trabalho maior nas etapas iniciais do projeto	Ausência de estrutura e modelos para a gestão de contratos e definição de responsabilidades	Ausência de estrutura e modelos para a gestão de contratos e definição de responsabilidades	Dificuldade em compreender as demandas dos clientes nas etapas iniciais do projeto
Utilizar o <i>Last Planner System</i> para desenvolver um fluxo de trabalho mais realista, ouvindo o <i>feedback</i> dos clientes, empreiteiros e projetistas.	Envolvimento ativo e sistemático do cliente no processo de design inicial. Aplicação do <i>Lean Design</i> , maximizando o valor gerado e identificando as necessidades e objetivos de todas as partes envolvidas.	Realizar o mapeamento contratual, mesclando e adaptando elementos contratuais já bem-sucedidos de acordo com a história da empresa com ferramentas BIM, promovendo um ambiente de confiança e cooperação.	Aplicar o método <i>Digital Obeya Room</i> , combinando diferentes disciplinas de engenharia em um único ambiente, buscando uma única fonte de informação.	Envolvimento ativo e sistemático do cliente no processo de design inicial. Aplicação do <i>Lean Design</i> , maximizando o valor gerado e identificando as necessidades e objetivos de todas as partes envolvidas.
Buscar automatizar, por meio de rotinas algorítmicas, a execução de certos serviços, como o cálculo estimado de quantidades de projetos.	Adaptar o LOD do projeto de acordo com as necessidades do cliente, focando na modelagem dos elementos de maior valor agregado.	Garantir transparência e acesso às informações do projeto a todos os <i>Stakeholders</i> .	Buscar priorizar, mesmo que a um custo significativo, a aquisição de tecnologias que otimizem a produtividade, visando a redução dos tempos de ciclo das tarefas	Realizar o mapeamento contratual, mesclando e adaptando elementos contratuais já bem-sucedidos de acordo com a história da empresa com ferramentas BIM, promovendo um



<p><b>Ausência de estruturas e procedimentos para orientar os processos de gestão</b></p>	<p><b>Demanda por uma carga de trabalho maior nas etapas iniciais do projeto</b></p>	<p><b>Ausência de estrutura e modelos para a gestão de contratos e definição de responsabilidades</b></p>	<p><b>Ausência de estrutura e modelos para a gestão de contratos e definição de responsabilidades</b></p>	<p><b>Dificuldade em compreender as demandas dos clientes nas etapas iniciais do projeto</b></p>
		<p>Adotar tecnologia <i>blockchain</i> na área de contratos</p>	<p>Buscar automatizar, por meio de rotinas algorítmicas, a execução de certos serviços, como o cálculo estimado de quantidades de projetos.</p> <p>Utilizar o Gerenciamento de Design Baseado em Localização. Os detalhamentos devem ser realizados em clusters determinados, gerenciados de acordo com sua localização espacial.</p> <p>Gerenciamento autônomo e baseado em resultados</p>	<p>ambiente de confiança e cooperação.</p> <p>Adaptar o LOD do projeto de acordo com as necessidades do cliente, focando na modelagem dos elementos de maior valor agregado.</p>

Quadro 18 – Princípios tidos como pertinentes às barreiras tipo Tecnologia

**Elevado custo de *software* e *hardware***

Buscar priorizar, mesmo que a um custo significativo, a aquisição de tecnologias que otimizem a produtividade, visando a redução dos tempos de ciclo das tarefas

Garantir transparência e acesso às informações do projeto a todos os Stakeholders.

Utilizar o Gerenciamento de Design Baseado em Localização. Os detalhamentos devem ser realizados em clusters determinados, gerenciados de acordo com sua localização espacial.

Buscar definir o grau de maturidade na adoção do BIM nas organizações de acordo com as necessidades dessa organização antes de implementar medidas de gestão

**Problemas de interoperabilidade entre *softwares***

Buscar priorizar, mesmo que a um custo significativo, a aquisição de tecnologias que otimizem a produtividade, visando a redução dos tempos de ciclo das tarefas

Garantir transparência e acesso às informações do projeto a todos os Stakeholders.

Utilizar o Gerenciamento de Design Baseado em Localização. Os detalhamentos devem ser realizados em clusters determinados, gerenciados de acordo com sua localização espacial.

Buscar definir o grau de maturidade na adoção do BIM nas organizações de acordo com as necessidades dessa organização antes de implementar medidas de gestão

#### 5.4 Discussões acerca dos achados

Incorporada no *framework* de pesquisa, a discussão teórica é um elemento fundamental, coadunando-se com representações gráficas como os diagramas de nós em estudos aplicados ao BIM. Ela compõe o artefato final deste trabalho, além de contextualizar e aprofundar os resultados obtidos através de métodos como o Delphi, conectando as descobertas à literatura pré-existente e aos objetivos do estudo.

Dessa forma, a discussão teórica visa aliar-se a apresentação numérica dos resultados, ofertando um quadro explicativo robusto que possibilitou a geração de novos *insights* para aplicação dos princípios e práticas aqui encontrados face aos problemas de cada organização. De fato, vários trabalhos relevantes apresentaram o *framework* proposto como o conjunto de Diagrama de Nós e discussões. Khosrowshahi e Arayici (2012) propuseram um *framework* de modelagem de informações para a construção (BIM) com base em uma perspectiva de valor. Eles utilizaram um diagrama de nós para ilustrar a estrutura proposta e realizaram uma discussão teórica detalhada para explicar os princípios subjacentes. Dave et al. (2016) apresentaram um modelo conceitual para gerenciar a construção, combinando *Lean* e BIM. O modelo foi visualizado através de um diagrama de nós, enquanto a discussão teórica abordou os conceitos e interações inerentes.

Assim, em congruência com o diagrama de nós, a discussão teórica amplia a compreensão do *framework*, oferecendo um panorama holístico e multifacetado dos princípios aplicados ao BIM, forma essa de apresentação de resultados amplamente respaldada pela literatura.

Quanto aos resultados, com exceção da barreira P4 (falta de percepção de retorno financeiro), encontrada nos princípios *Lean*, a barreira relacionada a pessoas apresentou uma forte conexão com os princípios *Lean*. Os princípios e práticas *Lean* já possuem uma forte conexão com a indústria de AEC devido a várias pesquisas realizadas e ao fato de terem sido estudados por um período mais longo. As barreiras dessa categoria mais fortemente relacionadas aos princípios *Lean* foram as barreiras P2 e P5, Dificuldade em encontrar equipe técnica qualificada e Dificuldade em gerenciar equipes em um contexto colaborativo, respectivamente. Essas barreiras, de acordo com Herrera et al. (2019),

encontram nos princípios *Lean* práticas para melhorar a gestão dos *stakeholders*, proporcionando possíveis soluções para barreiras como dificuldade em gerenciar equipes em um contexto colaborativo.

Os princípios *Lean* geram valor melhorando a eficiência da força de trabalho, permitindo assim que uma equipe menor opere. O *Lean* também fornece uma análise estratégica da organização, melhorando a capacidade de gerenciamento, mesmo em um contexto colaborativo (MICHALSKI et al., 2022). No entanto, não é possível afirmar, com base apenas no estudo Delphi, que o *Lean* melhora a colaboração dentro da organização, mas pode melhorar a capacidade de gerenciamento para otimizá-la. Esse resultado está relacionado às descobertas de Uusitalo et al. (2019), que descrevem os princípios *Lean* como capazes de melhorar a confiança e a colaboração por meio da transparência.

O *Agile* também apresentou um número significativo de princípios relacionados às barreiras relacionadas a pessoas, apresentando um número significativamente maior de princípios aplicáveis à barreira P6 (Ausência de comprometimento da alta gestão (Governo e Alta Gestão das Empresas)) do que o *Lean*. Essa barreira é complexa, mas os resultados indicam que os princípios Ágeis e de *Design Thinking* podem estar relacionados. De acordo com Whitmore et al. (2020), os princípios do *Agile* enfatizam a redução de riscos por meio da adoção de equipes menores e mais independentes, da entrega mais frequente de valor e da adoção de tecnologia para problemas contratuais (não é um princípio, mas uma prática em empresas orientadas pelo *Agile*). Em relação às barreiras relacionadas a pessoas, esses princípios podem tornar mais viável para a alta gestão das empresas se comprometerem com a implementação do BIM, uma vez que os riscos desse investimento podem ser reduzidos. É esperada uma relação entre o *Agile* e as barreiras relacionadas à percepção de riscos, como mencionado na literatura.

O *Design Thinking* apresentou uma correlação pouco significativa com as barreiras relacionadas a pessoas, não havendo grande consenso entre os participantes quanto a sua viabilidade. De acordo com Schneider (2017), era esperada uma relação significativa com as barreiras relacionadas a pessoas devido à abordagem humanística dos princípios do *Design Thinking*. O baixo conhecimento e grau de experiência dos participantes do estudo com o *Design Thinking* pode ter tido um impacto nesse aspecto.

As barreiras relacionadas a processos, ou barreiras organizacionais, estão fortemente relacionadas ao *Lean*, uma vez que ele enfatiza a melhoria do fluxo de trabalho e o aprimoramento dos resultados por meio do mapeamento de processos. Os princípios *Lean* apresentam uma correlação significativa com essas barreiras, com uma forte correlação de vários princípios com PR2 (demanda por uma carga de trabalho maior nas etapas iniciais do projeto e dificuldade em compreender as demandas do cliente nas etapas iniciais do projeto) e PR5 (Dificuldade em compreender as demandas do cliente nas etapas iniciais do projeto). Sepasgozar et al. (2021) apresentaram uma série de práticas *Lean* consideradas relevantes para a implementação do BIM, e os resultados corroboram este estudo Delphi.

Alguns princípios têm uma aplicação aparentemente mais direta como solução para algumas barreiras relacionadas a processos, como a demanda por uma carga de trabalho maior, que é dificultada pelo mapeamento de processos do *Lean* e pela aplicação de princípios que permitem uma maior produção de valor com menos esforço, sendo esperada uma relação mais forte entre o *Lean* e essa barreira.

O *Agile* apresentou uma relação significativa com os problemas PR3 e PR4, ausência de estrutura e modelos para gestão de contratos e definição de responsabilidades, e complexidade inerente à operação de *software* e processos BIM. De acordo com Burton et al. (2021), Canan et al. (2017) e Whitmore (2020), os princípios Ágeis tendem a equipes menores e mais independentes, com resposta mais rápida a mudanças e redução de riscos por meio da entrega constante de valor, o que requer mudanças significativas nas necessidades da organização. O problema PR3 está relacionado à ausência de uma estrutura de gestão contratual, de acordo com Sillaber et al. (2020), práticas ágeis relacionam-se ao conceito de *Smart Contracts*, com o uso da tecnologia de *blockchain*, o que pode ajudar a reduzir essa barreira. Na verdade, como a literatura sugere, os modelos de processo ágeis são baseados nos princípios de indivíduos e interação, *software* em funcionamento, colaboração com o cliente e resposta rápida a mudanças, o que pode estar fortemente relacionado às barreiras descritas (Lee e Xia, 2010). A complexidade da operação do *software* é reduzida, uma vez que equipes menores podem trabalhar em uma disciplina por vez, reduzindo a necessidade de um profissional capaz de operar diferentes *softwares* de disciplinas diferentes (BESENYOI, 2018).

Os princípios do *Design Thinking* foram considerados, de acordo com o estudo Delphi, fortemente relacionados às barreiras PR1 e PR4, ausência de estruturas e procedimentos para orientar os processos de gestão e complexidade inerente à operação de *software* e processos BIM. O *Design Thinking*, de acordo com Elsbach e Stigliani (2018), enfatiza a compreensão das problemáticas e uma abordagem humanística para esses problemas, o que pode ajudar a guiar uma organização e definir procedimentos para se adaptar a novos ambientes (como a implementação do BIM) e pode reduzir a complexidade dos processos e operações, corroborando os resultados do estudo Delphi.

As barreiras relacionadas à tecnologia foram resumidas em dois aspectos: problemas de *software* e *hardware* e a interoperabilidade entre diferentes *softwares*. Apenas alguns princípios *Lean* e *Agile* foram relacionados a essas problemáticas. Isso indica que pesquisas mais específicas sobre esses aspectos precisam ser realizadas para obter informações mais valiosas sobre os princípios aplicáveis para minimizar esses problemas.

As barreiras tecnológicas são complexas, no entanto, o estudo Delphi indica que algumas práticas dentro do *Lean* podem estar fortemente relacionadas a esses problemas. Sanchés-Rivera et al. (2022) indicaram que uma prática *Lean* é investir inicialmente em *software* e *hardware* para obter a máxima eficiência possível. Nascimento et al. (2018) indicaram que o conceito de sala OBEYA poderia reduzir a necessidade de vários *softwares* diferentes, com as informações sendo carregadas em um banco de dados relacional integrado e vinculadas à visualização multidimensional. Reduzir o nível de detalhe de acordo com a demanda do cliente e as necessidades da modelagem pode reduzir as barreiras tecnológicas (Uusitalo et al., 2019).

Como o método *Agile* é um conceito originado da área de engenharia de *software*, esperava-se uma forte relação com as barreiras tecnológicas, no entanto, apenas um princípio foi relacionado à barreira relacionada a *software* e *hardware*.

Esperava-se uma correlação mais significativa dos princípios do *Design Thinking* com esses problemas, uma vez que a revisão da literatura sugeria que, por meio de prototipagem e melhor compreensão do problema (Buhl et al., 2019 e Liedtka et al., 2019), seriam exigidas menos horas de trabalho em *software* e *hardware*. No entanto, os entrevistados não definiram essa relação como forte.

Uma abordagem chamada *Building Information Modeling* (BIM) tem o potencial de mudar a indústria da construção, melhorando significativamente as áreas de pessoas, processos e tecnologia. No entanto, essas três áreas também enfrentam problemas na implementação eficaz do BIM. Um estudo Delphi identificou obstáculos nessas áreas. *Lean*, *Agile* e *Design Thinking* foram sugeridos como soluções.

O estudo, no que diz respeito às pessoas, mostrou que os princípios *Lean* têm uma forte correlação com as barreiras encontradas nessa área. Esses princípios podem melhorar a gestão de *stakeholders*, a percepção de retorno financeiro e a capacidade de liderar equipes colaborativas. Devido à sua abordagem humanística e ênfase na compreensão dos problemas, os princípios do *Design Thinking* também foram vistos como uma ferramenta útil para superar as dificuldades das pessoas.

Os obstáculos organizacionais foram encontrados nos processos e foram principalmente relacionados aos princípios *Lean*. O mapeamento de processos e a melhoria da eficiência foram discutidos como soluções possíveis. Mas os princípios *Agile* também ajudaram, especialmente porque não havia modelos ou estruturas para gerenciamento de contratos e definição de responsabilidades. A agilidade e a capacidade de adaptação rápida podem ajudar a superar essas dificuldades.

Existe uma relação limitada entre os princípios *Lean* e *Agile* do contexto tecnológico, especialmente no que diz respeito à interoperabilidade entre *softwares* e barreiras relacionadas a *software* e *hardware*. Para resolver esses problemas de forma mais eficaz, é necessária mais pesquisa específica. Mas essas barreiras podem ser reduzidas usando práticas *Lean*, como investir inicialmente em *hardware* e *software* e reduzir o nível de detalhe conforme a demanda do cliente.

É importante destacar que quando *Lean*, *Agile* e *Design Thinking* são combinados, eles podem funcionar juntos. O *framework* apresentado no estudo Delphi permite visualizar como esses princípios e práticas se relacionam com as barreiras encontradas. Isso fornece um caminho claro para superar os obstáculos em todas as facetas.

As organizações podem se beneficiar de cada um desses conceitos ao implementar uma abordagem integrada. Uma base sólida para melhorar a eficiência dos processos e a gestão de *stakeholders* é fornecida pelo *Lean*. Para lidar com mudanças rápidas e complexidades

operacionais, o método *Agile* oferece flexibilidade e agilidade. O *Design Thinking*, uma abordagem centrada no ser humano, ajuda a compreender melhor os problemas e criar soluções criativas para eles. Ressalta-se que o *Design Thinking* foi, dentre os conceitos aqui abordados, o menos correlacionado no estudo Delphi. A inexperiência dos participantes com esse conceito pode ser um elemento causador deste comportamento dos resultados.

Para que o BIM seja implementado com sucesso, é necessária uma abordagem holística que leve em consideração os aspectos humanos, processos e tecnologia. As organizações podem superar as dificuldades encontradas do estudo Delphi e outros estudos se integrarem os princípios e práticas do *Lean*, *Agile* e *Design Thinking*.



## 6 CONCLUSÃO

Este estudo, ao apontar desafios cruciais associados a pessoas, processos e tecnologias, estabeleceu um arcabouço teórico para a implementação do BIM, interligando-o aos princípios *Lean*, *Agile* e *Design Thinking*. As descobertas deste estudo, corroboradas por meio de um levantamento Delphi e entrevistas, podem enriquecer o atual corpo de literatura sobre a implementação do BIM, por proporcionar um manual extenso para enfrentar as dificuldades intrínsecas.

As barreiras para a gestão BIM, conforme observado na revisão de literatura, não se diferenciam significativamente ao redor do mundo, havendo diversos elementos comuns que podem ser considerados elementos de complexidade inerente ao processo, que devem ser tratados de forma individual por cada organização, dentro de suas capacidades e objetivos.

Neste estudo, foi alcançado o objetivo inicialmente proposto de estabelecer um arcabouço teórico para a implementação do BIM, articulando-o com os princípios do *Lean*, *Agile* e *Design Thinking*. Ao longo da pesquisa, identificou-se que as barreiras relacionadas aos processos são fortemente relacionadas aos princípios *Lean*, com menos conexões fortes aos princípios do *Agile* e do *Design Thinking*.

Quanto às barreiras relacionadas a pessoas, há uma significativa conexão com os princípios do *Design Thinking*, dado o caráter mais humanístico deste, contudo, os princípios *Lean* e *Agile* apresentaram maior aceitação durante o estudo Delphi. As barreiras tecnológicas apresentaram conexão somente com alguns princípios *Lean*, persistindo como uma temática de difícil abordagem.

A contribuição científica deste estudo é significativa, pois apresenta um quadro compreensivo que liga os princípios *Lean*, *Agile* e *Design Thinking* ao BIM, proporcionando assim uma compreensão aprofundada da aplicação desses conceitos no contexto de implementação do BIM. A justificativa desse trabalho foi corroborada por seus próprios resultados, isto é, uma das barreiras identificadas foi justamente a ausência de *Frameworks*, ao passo que este trabalho se insere com a premissa de sanar tais problemáticas.

Considerando a ausência de trabalhos que tragam de forma conjunta os princípios aqui apresentados, este *framework* tem potencial para servir como ponto de partida para estudos futuros, reforçando a relevância prática e acadêmica do trabalho desenvolvido.

Quanto às futuras pesquisas, sugere-se uma exploração mais profunda das sinergias entre os conceitos de *Lean*, *Agile* e *Design Thinking*, bem como a identificação de métodos específicos para combater os desafios tecnológicos. Além disso, sugere-se que as aferições do arcabouço produzido em organizações reais podem oferecer *insights* valiosos para o refinamento do *framework*.

Além disso, o estudo enfatiza a necessidade de investigações futuras que busquem entender como os conceitos de *Lean*, *Agile* e *Design Thinking* podem ser melhor associados conjuntamente à implementação do BIM. Deste modo, será possível fortalecer a aplicabilidade do *framework* proposto, contribuindo de maneira ainda mais significativa para o campo do BIM.

A ausência de especialistas em *Agile* e *Design Thinking* eventualmente pode fazer com que haja maior conexões relacionadas ao *Lean*, um estudo futuro poderia buscar um corpo internacional de especialistas nessas três áreas que consigam avaliar de forma mais isonômica as aplicações destes.

Em suma, o trabalho alcançou sua intenção original, ao identificar práticas e princípios fortemente relacionados às barreiras à implementação do BIM e ao estabelecer um arcabouço robusto para superá-las, apesar de suas limitações. A pesquisa também destacou caminhos promissores para estudos futuros, que possam contribuir para o refinamento e aprimoramento do *framework* proposto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abanda, F. H., Tah, J. H., & Cheung, F. K. (2017). "BIM implementation: an overview of the cost implication in the UK construction industry". *Buildings*, 7(1), 3.

ABRAMEK, E; SOLTYSIK-PIORUNKIEWICZ, A; Using the design thinking approach in the project decisions making. *Journal Of Decision Systems*, 2015.

Arayici, Y., Coates, P., Koskela, L., Kagioglou, M., Usher, C., & O'Reilly, K. (2011). "Technology adoption in the BIM implementation for lean architectural practice". *Automation in Construction*, 20(2), 189-195.

Balali, V., Zahraie, B., & Roozbahani, A. (2018). Integration of ELECTRE III and PROMETHEE II Decision-Making Methods with Interval Approach: Application in Selection of Appropriate Structural Systems. *International Journal of Civil Engineering*, 16(3), 315-330. DOI: 10.1007/s40999-017-0213-7.

BLANK, Steve. Why the lean start-up changes everything. *Harvard business review*, v. 91, n. 5, p. 63-72, 2013.

Adu-McVie, R.; Yigitcanlar, T.; Erol, I.; Xia, B. Classifying innovation districts: Delphi validation of a multidimensional framework. *Land Use Policy* 2021, 111, 105779. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.10>

Barakat, S., Tommelein, I., & Walsh, K. D. (2021). Understanding lean construction and how it penetrates the industry: An analysis of the LC maturity and the role of the LC champions. *International Journal of Construction Management*, 21(2), 148-160

Barison, M. B., & Santos, E. T. (2010). "BIM teaching strategies: an overview of the current approaches". In *Proceedings of the International Conference on Computing in Civil and Building Engineering* (Vol. 32, No. 1). Nottingham University Press.

Beck, K., Beedle, M., Van Bennekum, A., Cockburn, A., Cunningham, W., Fowler, M., ... & Thomas, D. *The agile manifesto*, 2001.

Bilro, R. G., & Loureiro, S. M. C. (2020). The role of social influence in the adoption of mobile technologies by older adults—The case of mTourism in Portugal. *Journal of High Technology Management Research*, 31(1).

BHOOSHAN, Shajay. Parametric design thinking: A case-study of practice-embedded architectural research. *Design Studies*, v. 52, p. 115-143, 2017.

CARLGREN, L.; ELMQVIST, C.; RAUTH, I. Framing design thinking: The concept in idea and enactment. *Creativity and Innovation Management*, v. 27, n. 1, p. 1-13, 2018.

CHAREF, Rabia; ALAKA, Hafiz; EMMITT, Stephen. Beyond the third dimension of BIM: A systematic review of literature and assessment of professional views. *Journal of Building Engineering*, v. 19, p. 242-257, 2018.

CHEN, Chao; TANG, Llewellyn. BIM-based integrated management workflow design for schedule and cost planning of building fabric maintenance. *Automation in construction*, v. 107, p. 102944, 2019.

Chong, H. Y., Lee, C. Y., & Wang, X. (2017). A mixed review of the adoption of Building Information Modelling (BIM) for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 142, 4114-4126. doi:10.1016/j.jclepro.2016.09.222

Cummins, R. A., & Gullone, E. (2000). Why we should not use 5-point Likert scales: The case for subjective quality of life measurement. *Proceedings, Second International Conference on Quality of Life in Cities* (pp. 74-93). Singapore: National University of Singapore

Dave, B., Boddy, S., & Koskela, L. (2016). A critical review of research on lean construction and BIM. In *Proc. 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Boston, MA, USA, 20-2

DALLASEGA, Patrick; MARENGO, Elisa; REVOLTI, Andrea. Strengths and shortcomings of methodologies for production planning and control of construction projects: a systematic literature review and future perspectives. *Production Planning & Control*, v. 32, n. 4, p. 257-282, 2021.

DAO, TN., CHEN, PH. & NGUYEN, TQ. Critical Success Factors and a Contractual Framework for Construction Projects Adopting Building Information Modeling in Vietnam. *Int J Civ Eng* 19, 85–102, 2021.

Dave, B., Boddy, S., & Koskela, L. (2016). A critical review of research on lean construction and BIM. In *Proc. 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Boston, MA, USA, 20-22.

Dawes, J. (2008). Do data characteristics change according to the number of scale points used? An experiment using 5 point, 7 point and 10 point scales. *International Journal of Market Research*, 50(1), 61-7

Dossick, C. S., & Neff, G. (2019). Messy talk and clean technology: Communication, problem-solving and collaboration using Building Information Modelling. *Engineering Project Organization Journal*, 1-13.

Ezeldin, A., Kheni, N., & Tantawy, A. (2021). Challenges with BIM Implementation: A Review of Literature. *Journal of Construction Engineering and Management*, 147(3), 04021006. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001973](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001973).

FAN, Wenhan et al. Safety Management System Prototype/Framework of Deep Foundation Pit Based on BIM and IoT. *Advances in Civil Engineering*, v. 2021, 2021.

FAZELI, A., DASHTI, M.S., JALAEI, F. AND KHANZADI, M. An integrated BIM-based approach for cost estimation in construction projects, *Engineering, Construction and Architectural Management*, Vol. 3, 2020.

FERREIRA, J.C; AGILE approaches in project management. Instituto Superior Técnico, 2017.

Gu, N., & London, K. (2018). Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry. *Automation in Construction*, 90, 134-149.

HALLIN, G; VERONIKA, B; ELODIE, H; HENRI, J, AIDA, S. Four Approaches for Integration of Digital BIM Practices in AEC Projects. *The 25th Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia*, Aug 2020, Bangkok, Thailand. pp.883-892. 2020.

Hasson, F., Keeney, S., & McKenna, H. (2000). Research guidelines for the Delphi survey technique. *Journal of advanced nursing*, 32(4), 1008-1015.

Herrera, R. F., Mourgues, C., Alarcón, L. F., & Pellicer, E. (2020). An assessment of lean design management practices in construction projects. *Journal of Management in Engineering*, 36(4), 04020008. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000794](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000794).

Joshi, A., Kale, S., Chandel, S., & Pal, D. K. (2015). Likert Scale: Explored and Explained. *British Journal of Applied Science & Technology*, 7(4), 396-403

JUNG, J; KIM, S. Digital Fabrication Integrated Architectural Design Process based on Lean startup. *Journal of Korean BIM Society*, Vol 8, P. 23-33, 2018.

Jupp, J., & Singh, V. (2014). Exploring the implementation of Building Information Modeling (BIM) in the New Zealand construction industry. *Construction Economics and Building*, 14(1), 1-17. doi:10.5130/AJCEB.v14i1.3739

LEATHERBEE, Michael; KATILA, Riitta. The lean startup method: Early-stage teams and hypothesis-based probing of business ideas. *Strategic Entrepreneurship Journal*, v. 14, n. 4, p. 570-593, 2020.

LEICHT, D; FRESNO, D; DIAZ, J; BAIER, C. Multidimensional Construction Planning and Agile Organized Project Execution – The 5D PROMPT Method. *Journal of Sustainability*, 2019.

LINDBLAD, Hannes; GUERRERO, Jacob Rudolphsson. Client's role in promoting BIM implementation and innovation in construction. *Construction management and economics*, v. 38, n. 5, p. 468-482, 2020.

Linstone, H. A., & Turoff, M. (Eds.). (1975). *The Delphi Method: Techniques and Applications*. Addison-Wesley Pub. Co.

Liu, Y.; Van Nederveen, S.; Hertogh, M. Understanding effects of BIM on collaborative design and construction: An empirical study in China. *Int. J. Proj. Manag.* 2017, 35, 686–698. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.06.007>.

Khosrowshahi, F., & Arayici, Y. (2012). Roadmap for implementation of BIM in the UK construction industry. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 19(6), 610-635. doi:10.1108/09699981211277531

Kimbell, L. (2011). Rethinking Design Thinking: Part I. *Design and Culture*, 3(3), 285-306.

Kulmoski, G. J., Hartman, F. T., & Krahn, J. (2007). The Delphi method for graduate research. *Journal of Information Technology Education: Research*, 6(1), 1-21.

KUMAR, V.; FANTAZY, K.; KUMAR, U.; BOYLE, T. Implementation and management framework for supply chain flexibility. *Journal of Enterprise Information Management*, v. 22, n. 3, p. 289-308, 2019.

MA, G; JIA, J; DING, J; SHANG,S; JIANG, S. Interpretative Structure Model Based Factor Analysis of BIM Adoption in China. *Journal of Sustainability*, Vol 11, 2019.

MANZOOR, B.; OTHMAN, I.; GARDEZI, S.S.S.; ALTAN, H.; ABDALLA, S.B. BIM-Based Research Framework for Sustainable Building Projects: A Strategy for Mitigating BIM Implementation Barriers. *Appl. Sci.* 2021, 11, 5397.

MARTINS, R. F. Design thinking: strategies for innovation. *Innovation & Management Review*, v. 17, n. 3, p. 279-298, 2020.

MELLADO F; LOU ECW. Building Information Modelling, Lean and Sustainability: An integration framework to promote performance improvements in the construction industry, *Sustainable Cities and Society*, 2020.

MIETTINEN, R.; PAAVOLA, S. Beyond the BIM utopia: Approaches to the development and implementation of building information modeling. *Automation in Construction*, v. 43, p. 84-91, 2014.

MCGRATH, R.G; MACMILLAN, I.C. Discovery Driven Planning. *Harvard Business Review*, 1995.

Narayanan, V., Narayanan, S., & Panchal, J. (2021). Designing a Systems Approach to Community-Driven Development using Lean Thinking and Agile Principles. *Procedia CIRP*, 97,

Okoli, C., & Pawlowski, S. D. (2004). The Delphi method as a research tool: an example, design considerations and applications. *Information & Management*, 42(1), 15-29. 435-440.

Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2010). *Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers*. Wiley.

Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., & Grote, K. H. (2007). *Engineering Design: A Systematic Approach*. Springer.

Plattner, H., Meinel, C., & Leifer, L. (2016). *Design Thinking Research: Making Design Thinking Foundational*. Springer.

PATACAS, João; DAWOOD, Nashwan; KASSEM, Mohamad. BIM for facilities management: A framework and a common data environment using open standards. *Automation in Construction*, v. 120, p. 103366, 2020.

PARADA, C.J; ROJAS PUENTES, M.P; VERA-RIVERA, F.H. Study of the use of agile methodologies in the development of software construction projects in Colombia. *Journal Of Physics*, 2018.

Perveen, S.; Kamruzzaman, M.; Yigitcanlar, T. Developing policy scenarios for sustainable urban growth management: A Delphi approach. *Sustainability* 2017, 9, 1787.

Porwal, A., & Hewage, K. N. (2013). Building Information Modeling partners' roles and responsibilities: Stakeholders' perspective. *Journal of Construction Engineering and Management*, 139(4), 392-400.

Rashidian, S.; Drogemuller, R.; Omrani, S. Building Information Modelling, Integrated Project Delivery, and Lean Construction Maturity Attributes: A Delphi Study. *Buildings* 2023, 13, 281. <https://doi.org/10.3390/buildings13020281>



Revilla, M., Saris, W. E., & Krosnick, J. A. (2014). Choosing the number of categories in agree–disagree scales. *Sociological Methods & Research*, 43(1), 73-97

Rowe, G., & Wright, G. (2011). The Delphi technique: Past, present, and future prospects—Introduction to the special issue. *Technological forecasting and social change*, 78(9), 1487-1490.

Sacks, R., Koskela, L., Dave, B. A., & Owen, R. (2018). Interaction of lean and building information modeling in construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 134(9), 674-684.

Sanders, E. B. N., & Stappers, P. J. (2008). Co-creation and the new landscapes of design. *Co-design*, 4(1), 5-18.

Sevaldson, B. (2010). Discussions & Movements in Design Research: A systems approach to practice research in design. *FORMakademisk*, 3(1), 8-35.

SINGH, M.; SHARMA, V.; SHAH, J.; GARG, S. Concurrent engineering for ‘zero-defect’ systems design. In: *Concurrent Engineering in the 21st Century*. Springer, p. 249-283, 2020.

SCHNEIDER, J.; *Understanding Design Thinking, Lean and Agile*, U.S.A, 2017.

SHAFIEE, M.; DOWNING, L. L.; ANDERSON, R. G.; SAEN, R. F. Design thinking: solution to problems methodology. *Journal of Industrial Engineering and Management*, v. 13, n. 2, p. 278-300, 2020.

Shingo, S., & Forsberg, U. (2021). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Productivity Press.

SUCCAR, Bilal. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in construction*, v. 18, n. 3, p. 357-375, 2009.

SUCCAR, Bilal; KASSEM, Mohamad. Building information modelling: Point of adoption. In: *CIB World Conference Proceedings*. 2016.

SHARAFAT, Abubakar et al. BIM-Based Tunnel Information Modeling Framework for Visualization, Management, and Simulation of Drill-and-Blast Tunneling Projects. *Journal of Computing in Civil Engineering*, v. 35, n. 2, p. 04020068, 2021.

TOMEK, R; KALINICHUK, S. Agile PM and BIM: A Hybrid Scheduling Approach for a Technological Construction Project. *Procedia Engineering*. 123. 557-564, 2015.

WANG, L.; ZHANG, X. Determining the Value of Standby Letter of Credit in Transfer Stage of a PPP Project to Control Concessionaire's Opportunistic Behavior. *Journal of Management in Engineering*, v. 35, n. 3, p. 1–12, 2019.

WANG, Yongqi et al. Collaborative relationship discovery in BIM project delivery: A social network analysis approach. *Automation in Construction*, v. 114, p. 103147, 2020.

WANG, Jia et al. Multi-scale Information Retrieval for BIM using Hierarchical Structure Modelling and Natural Language Processing. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, v. 26, n. 22, p. 409-426, 2021.

WU, Wei; LI, Hui.; ZHANG, Jingxiao. Enhancing building information modeling competency among civil engineering and management students with team-based learning. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, v. 144, n. 2, p. 05018001, 2018.

**APÊNDICE I – CATEGORIZAÇÃO DE ARTIGOS RELACIONADOS ÀS BARREIRAS DO TIPO PESSOAS**

**FATOR PRIMÁRIO: NECESSIDADE E ELEVADO INVESTIMENTO DE TEMPO E DINHEIRO PARA TREINAMENTO DA EQUIPE**

<b>N.</b>	<b>Título</b>	<b>Fator Primário</b>	<b>Categoria</b>
5	Investigating the Constraints to Building Information Modeling (BIM) Applications for Sustainable Building Projects: A Case of China	Alto Custo para treinar e adaptar equipes ao uso do BIM	Pessoas
51	BIM Adoption in the Cambodian Construction Industry: Key Drivers and Barriers	Alto Custo de treinamento da Equipe	Pessoas
58	Challenges for Digitalisation in Building Renovation to Enhance the Efficiency of the Process: A Spanish Case Study	Alto Custo de treinamento da Equipe	Pessoas
71	Barriers to the Implementation of Building Information Modeling among Jordanian AEC Companies	Alto Custo para treinar e adaptar equipes ao uso do BIM	Pessoas
36	Investigating the barriers to building information modeling (BIM) implementation within the Nigerian construction industry	Necessidade de maior investimento em treinamento	Pessoas
46	Barriers to Building Information Modeling (BIM) implementation in China’s prefabricated construction: An interpretive structural modeling (ISM) approach	Alto Custo para treinar e adaptar equipes ao uso do BIM	Pessoas
21	Barriers to BIM Implementation in Architecture, Construction, and Engineering Projects—The Polish Study	Alto Custo para treinar e adaptar equipes ao uso do BIM	Tecnologia

---

**FATOR PRINCIPAL: DIFICULDADE EM ENCONTRAR PESSOAL TÉCNICO QUALIFICADO**

<b>N.</b>	<b>Título</b>	<b>Fator Primário</b>	<b>Categoria</b>
82	Review and Prospect of BIM Policy in China	Ausência de mão de obra qualificada	Pessoas
63	Challenges for Digitalisation in Building Renovation to Enhance the Efficiency of the Process: A Spanish Case Study	O custo da mão de obra especializada é alto	Pessoas
53	BIM Adoption in the Cambodian Construction Industry: Key Drivers and Barriers	Dificuldade em encontrar profissionais altamente qualificados	Pessoas
16	Barriers to BIM Implementation in Architecture, Construction, and Engineering Projects—The Polish Study	Baixo nível de conhecimento sobre tecnologias e processos BIM	Pessoas
68	Barriers to the Implementation of Building Information Modeling among Jordanian AEC Companies	Falta de conhecimento técnico suficiente sobre BIM	Pessoas

---

**FATOR PRIMÁRIO: RESISTÊNCIA PSICOLÓGICA A MUDANÇAS DE PROCEDIMENTOS**

<b>N.</b>	<b>Título</b>	<b>Fator Primário</b>	<b>Categoria</b>
6	Investigating the Constraints to Building Information Modeling (BIM) Applications for Sustainable Building Projects: A Case of China	Resistência psicológica a uma mudança significativa na tecnologia empregada	Pessoas

---

---

**FATOR PRIMÁRIO: RESISTÊNCIA PSICOLÓGICA A MUDANÇAS DE PROCEDIMENTOS**

<b>N.</b>	<b>Título</b>	<b>Fator Primário</b>	<b>Categoria</b>
10	BIM application to building energy performance visualisation and management: Challenges and potential	Há uma resistência inata à mudança de procedimentos e tecnologia	Pessoas
12	Leveraging Micro-Level Building Information Modeling for Managing Sustainable Design: United Kingdom Experience	Resistência de setores à mudança de procedimentos para o BIM	Pessoas
37	Investigating the barriers to building information modeling (BIM) implementation within the Nigerian construction industry	Resistência à mudança de procedimento	Pessoas
42	Barriers to Building Information Modeling (BIM) implementation in China's prefabricated construction: An interpretive structural modeling (ISM) approach	Resistência à mudanças de processos para adoção do BIM	Pessoas
73	Barriers to the Implementation of Building Information Modeling among Jordanian AEC Companies	Resistência às mudanças de Procedimento necessárias	Pessoas
52	BIM Adoption in the Cambodian Construction Industry: Key Drivers and Barriers	Resistência da equipe às mudanças de procedimentos	Pessoas
17	Barriers to BIM Implementation in Architecture, Construction, and Engineering Projects—The Polish Study	Resistência à mudanças de processos para adoção do BIM	Pessoas
27	Barriers, Strategies, and Best Practices for BIM Adoption in Quebec Prefabrication Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs)	Resistência à mudanças de processos para adoção do BIM	Pessoas

---

---

**FATOR PRIMÁRIO: RESISTÊNCIA PSICOLÓGICA A MUDANÇAS DE PROCEDIMENTOS**

<b>N.</b>	<b>Título</b>	<b>Fator Primário</b>	<b>Categoria</b>
<b>88</b>	“Values, Challenges, and Critical Success Factors” of Building Information Modelling (BIM) in Malaysia: Experts Perspective	Resistência Cultural a mudanças	Pessoas

---

---

**FATOR PRIMÁRIO: AUSÊNCIA DE PERCEPÇÃO QUANTO AO RETORNO FINANCEIRO**

<b>N.</b>	<b>Título</b>	<b>Fator Primário</b>	<b>Categoria</b>
<b>64</b>	Challenges for Digitalisation in Building Renovation to Enhance the Efficiency of the Process: A Spanish Case Study	Não há certeza quanto ao retorno econômico do investimento	Pessoas
<b>66</b>	Cost-benefit analysis of BIM-enabled design clash detection and resolution	Não há certeza quanto ao retorno econômico do investimento	Pessoas
<b>80</b>	Review and Prospect of BIM Policy in China	Dificuldade em identificar o retorno financeiro correspondente ao investimento necessário	Pessoas
<b>47</b>	Barriers to Building Information Modeling (BIM) implementation in China’s prefabricated construction: An interpretive structural modeling (ISM) approach	Dificuldade em perceber vantagem econômica ao se investir em BIM	Pessoas
<b>18</b>	Barriers to BIM Implementation in Architecture, Construction, and Engineering Projects—The Polish Study	Receio por parte dos investidores em investir na adoção do BIM	Pessoas

---

---

**FATOR PRIMÁRIO: AUSÊNCIA DE PERCEPÇÃO QUANTO AO RETORNO FINANCEIRO**

<b>N.</b>	<b>Título</b>	<b>Fator Primário</b>	<b>Categoria</b>
29	Barriers, Strategies, and Best Practices for BIM Adoption in Quebec Prefabrication Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs)	Resistência por parte dos empreendedores em investir em tecnologia BIM, e não obterem o retorno financeiro.	Pessoas
84	BIM for Existing Buildings: Potential Opportunities and Barriers	É necessária a criação de um modelo de utilização eficiente que garanta retorno econômico	Pessoas

---

**FATOR PRIMÁRIO: DIFICULDADE EM GERENCIAR EQUIPES DENTRO DE UM CONTEXTO COLABORATIVO**

<b>N.</b>	<b>Título</b>	<b>Fator Primário</b>	<b>Categoria</b>
28	Barriers, Strategies, and Best Practices for BIM Adoption in Quebec Prefabrication Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs)	Dificuldades de comunicação entre Stakeholders	Pessoas
43	Barriers to Building Information Modeling (BIM) implementation in China's prefabricated construction: An interpretive structural modeling (ISM) approach	Dificuldades quanto à compartilhamento eficiente de informações	Pessoas
44	Barriers to Building Information Modeling (BIM) implementation in China's prefabricated construction: An interpretive structural modeling (ISM) approach	Dificuldades em trabalhar colaborativamente.	Pessoas
60	Challenges for Digitalisation in Building Renovation to Enhance the Efficiency of the Process: A Spanish Case Study	Problemática de Comunicação entre Stakeholders	Pessoas

---

---

**FATOR PRIMÁRIO: DIFICULDADE EM GERENCIAR EQUIPES DENTRO DE UM CONTEXTO COLABORATIVO**

<b>N.</b>	<b>Título</b>	<b>Fator Primário</b>	<b>Categoria</b>
<b>67</b>	Barriers to the Implementation of Building Information Modeling among Jordanian AEC Companies	Ausência de Suporte da Gerência	Pessoas

---

---

**FATOR PRIMÁRIO: AUSÊNCIA DE COMPROMETIMENTO POR PARTE DE STAKEHOLDERS: GOVERNANÇA PÚBLICA E ALTA GESTÃO DE COMPANHIAS**

<b>N.</b>	<b>Título</b>	<b>Fator Primário</b>	<b>Categoria</b>
<b>85</b>	Implementation of Building Information Modelling in infrastructure construction projects: a study of dimensions and strategies	Ausência de liderança governamental para implementação	Pessoas
<b>86</b>	Implementation of Building Information Modelling in infrastructure construction projects: a study of dimensions and strategies	Falta de comprometimento por parte da gestão superior	Pessoas
<b>88</b>	“Values, Challenges, and Critical Success Factors” of Building Information Modelling (BIM) in Malaysia: Experts Perspective	Resistência Cultural a mudanças	Pessoas

---



## APÊNDICE II – CATEGORIZAÇÃO DE ARTIGOS RELACIONADOS ÀS BARREIRAS DO TIPO PROCESSOS

---

### FATOR PRIMÁRIO: AUSÊNCIA DE FRAMEWORKS E PROCEDIMENTOS QUE ORIENTEM PROCESSOS DE GESTÃO

N.	Título	Fator Primário	Categoria
1	Investigating the Constraints to Building Information Modeling (BIM) Applications for Sustainable Building Projects: A Case of China	É necessário definir de maneira mais assertiva de definir os impactos ambientais nas escolhas de projeto.	Processos
2	Investigating the Constraints to Building Information Modeling (BIM) Applications for Sustainable Building Projects: A Case of China	Ausência de modelos estabelecidos de utilização do BIM em empreendimentos sustentáveis	Processos
3	Investigating the Constraints to Building Information Modeling (BIM) Applications for Sustainable Building Projects: A Case of China	Ausência de um Framework para aplicação do BIM em termos legais, relacionados à sustentabilidade.	Processos
14	Leveraging Micro-Level Building Information Modeling for Managing Sustainable Design: United Kingdom Experience	Ausência de um Framework para Aplicação do BIM nas etapas distintas do ciclo de vida do Projeto.	Processos
22	Barriers to BIM Implementation in Architecture, Construction, and Engineering Projects—The Polish Study	Ausência de Padronização quanto ao Uso do BIM	Processos
23	Barriers to BIM Implementation in Architecture, Construction, and Engineering Projects—The Polish Study	Ausência de Padronização quanto ao Uso do BIM	Processos
25	“Values, Challenges, and Critical Success Factors” of Building Information Modelling (BIM) in Malaysia: Experts Perspective	Ausência de Procedimentos pré-definidos, frameworks ou orientação quanto à gestão BIM.	Processos

---

---

**FATOR PRIMÁRIO: AUSÊNCIA DE FRAMEWORKS E PROCEDIMENTOS QUE ORIENTEM PROCESSOS DE GESTÃO**

<b>N.</b>	<b>Título</b>	<b>Fator Primário</b>	<b>Categoria</b>
<b>32</b>	Barriers, Strategies, and Best Practices for BIM Adoption in Quebec Prefabrication Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs)	Ausência de Padronização quanto ao Uso do BIM	Processos
<b>39</b>	Investigating the barriers to building information modeling (BIM) implementation within the Nigerian construction industry	Poucos estudos e padronizações quanto à gestão BIM	Processos
<b>48</b>	Barriers to Building Information Modeling (BIM) implementation in China's prefabricated construction: An interpretive structural modeling (ISM) approach	Ausência de Padronização quanto ao Uso do BIM	Processos
<b>70</b>	Barriers to the Implementation of Building Information Modeling among Jordanian AEC Companies	Ausência de um Framework de gestão BIM.	Processos
<b>31</b>	Barriers, Strategies, and Best Practices for BIM Adoption in Quebec Prefabrication Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs)	Ausência de alinhamento do BIM com os procedimentos gerenciais existentes e já difundidos.	Processos
<b>54</b>	BIM Adoption in the Cambodian Construction Industry: Key Drivers and Barriers	Ausência de Padronização quanto ao Uso do BIM	Processos
<b>13</b>	Leveraging Micro-Level Building Information Modeling for Managing Sustainable Design: United Kingdom Experience	Padrões e protocolos insuficientes entre os participantes do projeto em colaboração, integração e interoperabilidade	Processos

---

---

**FATOR PRIMÁRIO: DEMANDA DE UMA MAIOR CARGA DE TRABALHO NAS ETAPAS INICIAIS DE PROJETO**

<b>N.</b>	<b>Título</b>	<b>Fator Primário</b>	<b>Categoria</b>
<b>24</b>	Barriers to BIM Implementation in Architecture, Construction, and Engineering Projects—The Polish Study	A modelagem BIM demanda muita informação, sendo inadequada para as fases iniciais de Projeto.	Processos
<b>26</b>	“Values, Challenges, and Critical Success Factors” of Building Information Modelling (BIM) in Malaysia: Experts Perspective	Dificuldade em obter o alto volume de informações para utilizar processos BIM.	Processos
<b>56</b>	Challenges for Digitalisation in Building Renovation to Enhance the Efficiency of the Process: A Spanish Case Study	Excesso de tempo despendido na elaboração de Pré Projetos	Processos
<b>59</b>	Challenges for Digitalisation in Building Renovation to Enhance the Efficiency of the Process: A Spanish Case Study	Alto volume de informações necessário para iniciar o Projeto	Processos
<b>41</b>	Barriers to Building Information Modeling (BIM) implementation in China’s prefabricated construction: An interpretive structural modeling (ISM) approach	Aumento da carga de trabalho para desenvolvimento do Modelo.	Processos
<b>8</b>	BIM application to building energy performance visualisation and management: Challenges and potential	Há necessidade de um grande volume de informações para operar em BIM. O que nem sempre é vantajoso.	Tecnologia
<b>79</b>	Building Information Modeling (BIM) for Construction and Demolition Waste Management in Australia: A Research Agenda	Necessidade de investir muito tempo na obtenção de informações	Tecnologia

---

---

**FATOR PRIMÁRIO: AUSÊNCIA DE FRAMEWORK E MODELOS PARA GESTÃO CONTRATUAL E DEFINIÇÃO DE RESPONSABILIDADES**

<b>N.</b>	<b>Título</b>	<b>Fator Primário</b>	<b>Categoria</b>
<b>34</b>	Investigating the barriers to building information modeling (BIM) implementation within the Nigerian construction industry	Coordenação contratual inadequada	Processos
<b>49</b>	Barriers to Building Information Modeling (BIM) implementation in China's prefabricated construction: An interpretive structural modeling (ISM) approach	Ausência de segurança jurídica quanto à contratação.	Processos
<b>61</b>	Challenges for Digitalisation in Building Renovation to Enhance the Efficiency of the Process: A Spanish Case Study	Dificuldade na gestão dos aspectos legais do BIM	Processos
<b>74</b>	Barriers to the Implementation of Building Information Modeling among Jordanian AEC Companies	Dificuldade na gestão dos aspectos legais do BIM	Processos
<b>83</b>	Review and Prospect of BIM Policy in China	Dificuldade na gestão dos aspectos legais do BIM	Processos
<b>9</b>	BIM application to building energy performance visualisation and management: Challenges and potential	Há uma dificuldade na atribuição de Responsabilidades ao longo do processo BIM	Processos
<b>15</b>	Leveraging Micro-Level Building Information Modeling for Managing Sustainable Design: United Kingdom Experience	Ausência de regulamentação legal quanto às responsabilidades e definições contratuais entre Stakeholders.	Processos
<b>19</b>	Barriers to BIM Implementation in Architecture, Construction, and Engineering Projects—The Polish Study	Ausência de Regulamentação legal quanto às responsabilidades contratuais.	Pessoas

---

---

**FATOR PRIMÁRIO: AUSÊNCIA DE FRAMEWORK E MODELOS PARA GESTÃO CONTRATUAL E DEFINIÇÃO DE RESPONSABILIDADES**

<b>N.</b>	<b>Título</b>	<b>Fator Primário</b>	<b>Categoria</b>
<b>89</b>	“Values, Challenges, and Critical Success Factors” of Building Information Modelling (BIM) in Malaysia: Experts Perspective	Barreiras legais e contratuais	Processos

---

---

**FATOR PRIMÁRIO: COMPLEXIDADE INERENTE À OPERAÇÃO DOS SOFTWARES E PROCESSOS BIM**

<b>N.</b>	<b>Título</b>	<b>Fator Primário</b>	<b>Categoria</b>
<b>78</b>	Building Information Modeling (BIM) for Construction and Demolition Waste Management in Australia: A Research Agenda	Alto consumo de tempo por parte da equipe de projetos	Processos
<b>11</b>	BIM application to building energy performance visualisation and management: Challenges and potential	A dificuldade inata à operação de softwares BIM limita a sua utilização por parte das empresas, que tem dificuldade em aplicar novos métodos de trabalho.	Processos
<b>40</b>	Barriers to Building Information Modeling (BIM) implementation in China’s prefabricated construction: An interpretive structural modeling (ISM) approach	Dificuldade em Adaptar a tecnologia BIM aos processos	Processos
<b>62</b>	Challenges for Digitalisation in Building Renovation to Enhance the Efficiency of the Process: A Spanish Case Study	Dificuldade em inovar os processos de gerenciamento já estabelecidos	Processos

---

---

**FATOR PRIMÁRIO: DIFICULDADE EM COMPREENDER AS DEMANDAS DO CLIENTE  
PARA AS ETAPAS INICIAIS DO PROJETO**

<b>N.</b>	<b>Título</b>	<b>Fator Primário</b>	<b>Categoria</b>
7	Conservation data parameters for BIM-enabled heritage asset management	Dificuldade em identificar as informações necessárias para Manutenção de patrimônio histórico	Processos
75	Barriers to the Implementation of Building Information Modeling among Jordanian AEC Companies	Dificuldade em compreender adequadamente as necessidades dos clientes	Processos
77	Building Information Modeling (BIM) for Construction and Demolition Waste Management in Australia: A Research Agenda	Dificuldade em definir e obter as informações necessárias às etapas iniciais de projeto.	Processos

---

**APÊNDICE III – CATEGORIZAÇÃO DE ARTIGOS RELACIONADOS às  
BARREIRAS DO TIPO TECNOLOGIA**

**FATOR PRIMÁRIO: ALTO CUSTO INICIAL DE AQUISIÇÃO DE SOFTWARE E  
HARDWARE**

<b>N.</b>	<b>Título</b>	<b>Fator Primário</b>	<b>Categoria</b>
<b>4</b>	Investigating the Constraints to Building Information Modeling (BIM) Applications for Sustainable Building Projects: A Case of China	Alto Custo para licenciamento de Softwares BIM	Tecnologia
<b>30</b>	Barriers, Strategies, and Best Practices for BIM Adoption in Quebec Prefabrication Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs)	Alto custo para investir nos softwares	Tecnologia
<b>38</b>	Investigating the barriers to building information modeling (BIM) implementation within the Nigerian construction industry	Alto Custo de implementação das tecnologias	Tecnologia
<b>45</b>	Barriers to Building Information Modeling (BIM) implementation in China's prefabricated construction: An interpretive structural modeling (ISM) approach	Alto Custo de implementação das tecnologias	Tecnologia
<b>50</b>	BIM Adoption in the Cambodian Construction Industry: Key Drivers and Barriers	Alto Custo de implementação das tecnologias	Tecnologia
<b>57</b>	Challenges for Digitalisation in Building Renovation to	Alto Custo de implementação das tecnologias	Tecnologia

---

**FATOR PRIMÁRIO: ALTO CUSTO INICIAL DE AQUISIÇÃO DE SOFTWARE E HARDWARE**

<b>N.</b>	<b>Título</b>	<b>Fator Primário</b>	<b>Categoria</b>
	Enhance the Efficiency of the Process: A Spanish Case Study		
<b>65</b>	Cost-benefit analysis of BIM-enabled design clash detection and resolution	Alto Custo de implementação das tecnologias	Tecnologia
<b>20</b>	Barriers to BIM Implementation in Architecture, Construction, and Engineering Projects—The Polish Study	Baixa relação custo benefício entre valor de mercado de Projetos e custo para investir em Softwares BIM.	Tecnologia
<b>72</b>	Barriers to the Implementation of Building Information Modeling among Jordanian AEC Companies	Alto custo de aquisição dos Softwares	Tecnologia
<b>81</b>	Review and Prospect of BIM Policy in China	Alto custo de aquisição dos Softwares	Tecnologia
<b>69</b>	Barriers to the Implementation of Building Information Modeling among Jordanian AEC Companies	Dificuldade em obter acesso às tecnologias BIM	Tecnologia
<b>87</b>	Implementation of Building Information Modelling in infrastructure construction projects: a study of dimensions and strategies	Alto custo inicial para aquisição de softwares e hardware	Tecnologia
<b>90</b>	“Values, Challenges, and Critical Success Factors” of Building Information Modelling (BIM) in Malaysia: Experts Perspective	Dificuldade em adquirir hardware de potência suficiente para operacionalizar softwares BIM	Tecnologia

---



---

**FATOR PRIMÁRIO: PROBLEMAS DE INTEROPERABILIDADE ENTRE SOFTWARES**

<b>N.</b>	<b>Título</b>	<b>Fator Primário</b>	<b>Categoria</b>
<b>33</b>	Investigating the barriers to building information modeling (BIM) implementation within the Nigerian construction industry	Problemas quanto à disponibilidade dos Softwares	Tecnologia
<b>35</b>	Investigating the barriers to building information modeling (BIM) implementation within the Nigerian construction industry	Problemas quanto à disponibilidade de tecnologia para operar os Softwares	Tecnologia
<b>55</b>	BIM Adoption in the Cambodian Construction Industry: Key Drivers and Barriers	Problemas de compatibilidade entre distintos softwares	Tecnologia
<b>76</b>	Barriers to the Implementation of Building Information Modeling among Jordanian AEC Companies	Problemas com Compatibilidade e Interoperabilidade entre Softwares	Tecnologia

---

**APÊNDICE IV – CATEGORIZAÇÃO DE ARTIGOS RELACIONADOS AOS PRINCÍPIOS E PRÁTICAS DO LEAN**

<b>Item</b>	<b>Paper</b>	<b>Valor Identificado</b>
<b>1</b>	Dikmen, I., & Birgonul, M. T. (2017). An assessment of lean design management practices in construction projects. <i>Journal of Construction Engineering and Management</i> , 143(7), 04017028. doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001313	Permitir melhor interação entre a equipe, uma vez que encorajam maior comprometimento da gestão e confiança por parte dos membros de equipe.
<b>2</b>	Alzahrani, A. A., Rezgui, Y., & Li, H. (2019). Lean practices using building information modeling (BIM) and digital twinning for sustainable construction. <i>Journal of Cleaner Production</i> , 241, 118348. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.118348	Aprimorar a visualização do fluxo de trabalho da edificação utilizando o modelo KanBan.
<b>3</b>	De Marco, A., & Ioppolo, G. (2017). A conceptual hybrid project management model for construction projects. <i>Journal of Civil Engineering and Management</i> , 23(8), 1034-1046. doi: 10.3846/13923730.2016.1262353	Atender às necessidades espaciais dos clientes, explorando o potencial inerente às suas instalações existentes para ver se seus requisitos podem ser efetivamente acomodados sem qualquer grande trabalho de construção.
<b>4</b>	Tam, V. W., Shen, L. Y., & Ji, Y. (2018). Building information modelling, lean and sustainability: An integration framework to promote performance improvements in the construction industry. <i>Journal of Cleaner Production</i> , 178, 652-662. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.12.127	Utilizar o Last Planner System na etapa de projeto para melhor integrar as equipes de produção com base nas informações

Item	Paper	Valor Identificado
		obtidas da modelagem BIM.
5	Bilal, M., & Dawood, N. (2019). Model for planning and controlling the delivery and assembly of engineer-to-order prefabricated building systems: exploring synergies between Lean and BIM. <i>Production Planning and Control</i> , 30(10-12), 854-870. doi: 10.1080/09537287.2019.1594225	Realizar o mapeamento do fluxo de valores do processo auxiliado por ferramentas BIM de planejamento, eliminando operações e etapas desnecessárias na execução de canteiros.
6	Chiu, Y. C., & Liao, C. F. (2019). Facility management using digital obeya room by integrating BIM-lean approaches – An empirical study. <i>Automation in Construction</i> , 99, 145-155. doi: 10.1016/j.autcon.2018.11.015	Aplicar o método Digital Obeya Room, combinando em um ambiente único diversas disciplinas da engenharia, buscando uma única fonte de informação.  Promover a democratização e facilitação do acesso à ferramentas de visualização de projetos.
7	Chou, J. S., & Lin, C. T. (2017). BrIM 5D models and Lean Construction for planning work activities. <i>Journal of Civil Engineering and Management</i> , 23(6), 755-766. doi: 10.3846/13923730.2016.1250196	Buscar priorizar, eventualmente acima do custo, a aquisição de tecnologias que otimizem produtividade, visando a

Item	Paper	Valor Identificado
		redução dos tempos de ciclo de tarefas.
8	Hajdu, M., & Illes, B. (2019). Integration of Lean Management Methods in Construction and the Building Information Modelling. <i>Periodica Polytechnica Architecture</i> , 50(1), 1-9. doi: 10.3311/PPar.11743	Mesclar e adaptar elementos contratuais já bem sucedidos conforme histórico da companhia com ferramentas BIM, promovendo uma atmosfera de confiança e cooperação.
9	Cerezo-Narváez, A., García-Sanz-Calcedo, J., Cerezo-Narváez, A., & Sáez-Gallego, J. (2019). BIM-LEAN as a Methodology to Save Execution Costs in Building Construction — An Experience under the Spanish Framework. <i>Sustainability</i> , 11(22), 6212. doi: 10.3390/su11226212	Utilizar o Last Planner System para desenvolver um fluxo de trabalho mais realista, atentando-se ao feedback de clientes, empreiteiros e projetistas
10	Sacks, R., Shrestha, P., & Tantisevi, K. (2018). Synergistic Effect of Integrated Project Delivery, Lean Construction, and Building Information Modeling on Project Performance Measures: A Quantitative and Qualitative Analysis. <i>Journal of Construction Engineering and Management</i> , 144(5), 04018027. doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001495	Aplicar o conceito de Integrated Project Delivery, buscando um melhor equilíbrio na relação de riscos e recompensas entre os participantes de projeto.
11	Tastan, M. (2018). BIM-Integrated Construction Operation Simulation for Just-In-Time Production Management. <i>Journal of Construction Engineering and Management</i> , 144(10), 04018117. doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001542	Buscar automatizar, através de rotinas algorítmicas, a execução de determinados serviços, como cálculo estimado de quantitativos de projetos.

<b>Item</b>	<b>Paper</b>	<b>Valor Identificado</b>
<b>12</b>	Eriksson, P. E., & Pesämaa, O. (2017). Solving design management problems using lean design management: the role of trust. <i>Construction Management and Economics</i> , 35(10), 590-605. doi: 10.1080/01446193.2017.1357207	Adaptar o Level of Detail dos projetos conforme a necessidade dos clientes, focando a modelagem nos elementos de maior valor agregado.
<b>13</b>	Zhang, X., Huang, T., Lu, W., & Ding, L. (2019). Solving design management problems using lean design management: the role of trust. <i>Journal of Construction Engineering and Management</i> , 145(6), 04019022. <a href="https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001663">https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001663</a>	Assegurar transparência e acesso às informações de Projeto a todos os Stakeholders.
<b>15</b>	Chao, L., Wang, J., & Li, H. (2018). Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction. <i>Journal of Management in Engineering</i> , 34(2), 04017072. <a href="https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000579">https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000579</a>	Desenvolver um modelo de projeto mais detalhado antes do usual em sistemas tradicionais
<b>16</b>	Chao, L., Wang, J., & Li, H. (2018). Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction. <i>Journal of Management in Engineering</i> , 34(2), 04017072. <a href="https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000579">https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000579</a>	Adotar o princípio Lean chamado "Gemba", com enfoque na observação pessoal de problemas por parte de membros da alta gestão
<b>17</b>	Shou, W., & Zhang, H. (2019). CONSTRUCTABILITY IN INDUSTRIAL PLANTS CONSTRUCTION: A BIM-LEAN APPROACH USING THE DIGITAL OBEYA ROOM FRAMEWORK. <i>Journal of Civil Engineering and Management</i> , 25(8), 791-800. <a href="https://doi.org/10.3846/jcem.2019.10578">https://doi.org/10.3846/jcem.2019.10578</a>	Implementar a adoção de reuniões multidisciplinares com abrangente escopo de Stakeholders para todos sugerirem possíveis soluções de projeto.

Item	Paper	Valor Identificado
18	Kim, H. J., & Kim, J. H. (2017). Comparing Team Interactions in Traditional and BIM-Lean Design Management. <i>Journal of Management in Engineering</i> , 33(2), 04016033. <a href="https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000457">https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000457</a>	Envolver ativa e sistematicamente o cliente no processo de projetos iniciais. Aplicando Lean Design, maximizando valor gerado e a identificação das necessidades e objetivos de todas as partes.
19	Mahamid, I., Hammad, A., & Faisal, K. (2018). Applying Level of Detail in a BIM-Based Project: An Overall Process for Lean Design Management. <i>Journal of Construction Engineering and Management</i> , 144(3), 04017110. <a href="https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001409">https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001409</a>	Utilizar Location-Based design management. O Detalhamento deverá ser realizado em clusters determinados, gerenciados conforme sua localização espacial.
20	Cho, Y. K., Lee, H., & Kim, H. J. (2020). Lean Based Maturity Framework Integrating Value, BIM and Big Data Analytics: Evidence from AEC Industry. <i>Sustainability</i> , 12(12), 5072. <a href="https://doi.org/10.3390/su12125072">https://doi.org/10.3390/su12125072</a>	Buscar definir o grau de maturidade na adoção do BIM em organizações conforme as necessidades dessa organização.

**APÊNDICE V – CATEGORIZAÇÃO DE ARTIGOS RELACIONADOS Aos PRINCÍPIOS E PRÁTICAS DO AGILE**

<b>Item</b>	<b>Paper</b>	<b>Valor Identificado</b>
<b>1</b>	Li, R., Li, N., & Li, Y. (2020). Agile PM and BIM: A hybrid scheduling approach for a technological construction project. <i>Journal of Civil Engineering and Management</i> , 26(2), 165-176. doi: 10.3846/jcem.2020.11607	Compactar etapas de Projeto, utilizando múltiplas equipes, reduzindo o volume geral de trabalho.
<b>2</b>	Fernández-Sánchez, G., Garrido-Vega, P., Pérez-Pérez, M., & Pozo-Ruz, J. (2019). What influences the speed of prototyping? An empirical investigation of twenty software startups. <i>International Journal of Information Management</i> , 44, 123-135. doi: 10.1016/j.ijinfomgt.2018.10.011	
<b>3</b>	Partington, D., & Towle, D. (2019). Are megaprojects ready for the Fourth Industrial Revolution? <i>Built Environment Project and Asset Management</i> , 9(4), 482-498. doi: 10.1108/BEPAM-08-2018-0115	
<b>4</b>	Wang, C., Wang, Q., & Peng, Y. (2019). Prioritization and management of inter-enterprise collaborative performance. <i>Journal of Industrial Engineering and Management</i> , 12(3), 506-525. doi: 10.3926/jiem.2783	
<b>5</b>	Li, R., Li, N., & Li, Y. (2020). Agile PM and BIM: A hybrid scheduling approach for a technological construction project. <i>Journal of Civil Engineering and Management</i> , 26(2), 165-176. doi: 10.3846/jcem.2020.11607	Conceder maior autonomia às equipes de projeto, gerenciando resultados.

<b>Item</b>	<b>Paper</b>	<b>Valor Identificado</b>
7	Radziwon, A., & Janssen, M. (2020). Laying the foundation for smart contract development: an integrated engineering process model. <i>Journal of Systems and Software</i> , 161, 110460. doi: 10.1016/j.jss.2019.110460	Adotar a tecnologia Blockchain para automatização de pagamentos, interligando-se à gestão contratual.
8	Koskela, L., Kagioglou, M., & Tan, W. (2019). Delineating the implications of dispersing teams and teleworking in an Agile UK Construction Sector. <i>Construction Economics and Building</i> , 19(1), 1-14. doi: 10.5130/AJCEB.v19i1.6225	Incentivo ao trabalho em equipes menores, com maior dinamismo.
9	Herbsleb, J. D., Grinter, R. E., & Carley, K. M. (2020). Complex adaptive behavior of hybrid teams. <i>IEEE Transactions on Engineering Management</i> , 67(1), 8-19. doi: 10.1109/TEM.2019.2947259	
10	Partington, D., & Towle, D. (2019). Are megaprojects ready for the Fourth Industrial Revolution? <i>Built Environment Project and Asset Management</i> , 9(4), 482-498. doi: 10.1108/BEPAM-08-2018-0115	
11	Partington, D., & Towle, D. (2019). Are megaprojects ready for the Fourth Industrial Revolution? <i>Built Environment Project and Asset Management</i> , 9(4), 482-498. doi: 10.1108/BEPAM-08-2018-0115	Busca por entregar frequentemente elementos do contrato, garantindo saldo junto ao contratante.
12	Wang, Y., Xu, X., & Zhang, H. (2016). Smart process optimization and adaptive execution with semantic services in cloud manufacturing. <i>Journal of Manufacturing Systems</i> , 40, 23-32. doi: 10.1016/j.jmsy.2016.01.001	Tornar as informações relativas aos projetos facilmente acessíveis, permitindo interações em tempo real entre equipes de projeto.
13	Fernández-Sánchez, G., Garrido-Vega, P., Pérez-Pérez, M., & Pozo-Ruz, J. (2019). What influences the speed of prototyping? An empirical investigation of twenty	



Item	Paper	Valor Identificado
	software startups. <i>International Journal of Information Management</i> , 44, 123-135. doi: 10.1016/j.ijinfomgt.2018.10.011	
14	Wang, C., Wang, Q., & Peng, Y. (2019). Prioritization and management of inter-enterprise collaborative performance. <i>Journal of Industrial Engineering and Management</i> , 12(3), 506-525. doi: 10.3926/jiem.2783	
15	Fernández-Sánchez, G., Garrido-Vega, P., Pérez-Pérez, M., & Pozo-Ruz, J. (2019). What influences the speed of prototyping? An empirical investigation of twenty software startups. <i>International Journal of Information Management</i> , 44, 123-135. doi: 10.1016/j.ijinfomgt.2018.10.011	Busca por entregar frequentemente elementos/etapas do contrato, garantindo saldo junto ao contratante.
16	Wang, C., Wang, Q., & Peng, Y. (2019). Prioritization and management of inter-enterprise collaborative performance. <i>Journal of Industrial Engineering and Management</i> , 12(3), 506-525. doi: 10.3926/jiem.2783	
17	Zolfagharian, S., Seyedabrishami, S. E., & Shehab, E. (2019). Developing a risk management framework in construction project based on agile management approach. <i>Journal of Construction Engineering and Management</i> , 145(1), 04018108. doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001598	Encorajar a formação de equipes de generalistas, com níveis similares de conhecimento.
18	Omer, J. R., Ali, M., & Younis, M. (2019). Building information modelling in agile environments - an example of event management at the airport of Tempelhof. <i>Journal of Civil Engineering and Management</i> , 25(2), 191-200. doi: 10.3846/jcem.2019.9049	

Item	Paper	Valor Identificado
20	<p>Yilmaz, O., &amp; Kaya, M. (2020). An investigation of the decision-making process in agile teams. <i>Procedia Computer Science</i>, 176, 1215-1222. doi: 10.1016/j.procs.2020.09.150</p> <p>Zolfagharian, S., Seyedabrishami, S. E., &amp; Shehab, E. (2019). Developing a risk</p>	<p>Adotar uma postura pró ativa quanto aos riscos de cada projeto, se antecipando a possíveis falhas</p>
21	<p>Developing a Risk Management Framework in Construction Project Based on Agile Management Approach management framework in construction project based on agile management approach. <i>Journal of Construction Engineering and Management</i>, 145(1), 04018108. doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001598</p>	
22	<p>Badi, S., Chabchoub, H., &amp; Kriaa, S. (2017). Agile organizational model for managing local government projects. <i>Journal of Public Administration and Governance</i>, 7(3), 154-165. doi: 10.5296/jpag.v7i3.11953</p>	

**APÊNDICE VI – CATEGORIZAÇÃO DE ARTIGOS RELACIONADOS AOS PRINCÍPIOS E PRÁTICAS DO DESIGN THINKING**

<b>Item</b>	<b>Paper</b>	<b>Valor Identificado</b>
1	Design Thinking and Building Information Modelling: Amaral, T., & Ferreira, J. (2021). Design thinking and building information modelling. <i>International Journal of Construction Management</i> , 21(4), 311-324. <a href="https://doi.org/10.1080/15623599.2019.1606284">https://doi.org/10.1080/15623599.2019.1606284</a>	Incentivar a adoção da técnica de pensamento divergente e convergente, permitindo melhor compreensão das necessidades do cliente e da problemática a ser solucionada.
2	Design Thinking and Organizational Culture: A Review and Framework for Future Research: Liedtka, J., & Ogilvie, T. (2019). Design thinking and organizational culture: A review and framework for future research. <i>Journal of Organization Design</i> , 8(1), 1-17. <a href="https://doi.org/10.1186/s41469-019-0065-5">https://doi.org/10.1186/s41469-019-0065-5</a>	
3	Imaginable Futures: Design Thinking, and the Scientific Method: Kolko, J. (2018). Imaginable futures: Design thinking, and the scientific method. <i>Design Issues</i> , 31(3), 3-17. <a href="https://doi.org/10.1162/DESI_a_00338">https://doi.org/10.1162/DESI_a_00338</a>	
4	Design thinking for sustainability: Why and how design thinking can foster sustainability-oriented innovation development: Wegener, C. (2019). Design thinking for sustainability: Why and how design thinking can foster sustainability-oriented innovation development. <i>Journal of Cleaner Production</i> , 234, 36-48. <a href="https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.049">https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.049</a>	Incentivar maior transparência no processo criativo, incentivando a troca de informações entre projetistas, gerentes e clientes para chegar a um equilíbrio de interesses.
5	How design thinking opens new frontiers for strategy development: Leifer, L., Plattner, H., Meinel, C., & Leifer, D. (2018). How design thinking opens new frontiers for strategy	

<b>Item</b>	<b>Paper</b>	<b>Valor Identificado</b>
	development. California Management Review, 61(1), 34-55. <a href="https://doi.org/10.1177/0008125618790461">https://doi.org/10.1177/0008125618790461</a>	
<b>6</b>	How design thinking opens new frontiers for strategy development: Leifer, L., Plattner, H., Meinel, C., & Leifer, D. (2018). How design thinking opens new frontiers for strategy development. California Management Review, 61(1), 34-55. <a href="https://doi.org/10.1177/0008125618790461">https://doi.org/10.1177/0008125618790461</a>	Fomentar a uma cultura de flexibilidade e adaptabilidade, permitindo que a equipe altere procedimentos conforme cada demanda de cliente.
<b>7</b>	How design thinking opens new frontiers for strategy development: Leifer, L., Plattner, H., Meinel, C., & Leifer, D. (2018). How design thinking opens new frontiers for strategy development. California Management Review, 61(1), 34-55. <a href="https://doi.org/10.1177/0008125618790461">https://doi.org/10.1177/0008125618790461</a>	
<b>8</b>	Design thinking for sustainability: Why and how design thinking can foster sustainability-oriented innovation development: Wegener, C. (2019). Design thinking for sustainability: Why and how design thinking can foster sustainability-oriented innovation development. Journal of Cleaner Production, 234, 36-48. <a href="https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.049">https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.049</a>	
<b>9</b>	Design Thinking and Organizational Culture: A Review and Framework for Future Research	Adotar na gerência da organização uma
<b>10</b>	How design thinking opens new frontiers for strategy development: Leifer, L., Plattner, H., Meinel, C., & Leifer, D. (2018). How design thinking opens new frontiers for strategy	mentalidade menos aversa ao risco

Item	Paper	Valor Identificado
	development. California Management Review, 61(1), 34-55. <a href="https://doi.org/10.1177/0008125618790461">https://doi.org/10.1177/0008125618790461</a>	
11	Design thinking for sustainability: Why and how design thinking can foster sustainability-oriented innovation development: Wegener, C. (2019). Design thinking for sustainability: Why and how design thinking can foster sustainability-oriented innovation development. Journal of Cleaner Production, 234, 36-48. <a href="https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.049">https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.049</a>	Incentivar a experimentação e construção de protótipos, desprendendo tempo e esforço nas etapas iniciais junto ao cliente, para reduzir o volume de trabalho do processo como um todo.
12	How design thinking opens new frontiers for strategy development: Leifer, L., Plattner, H., Meinel, C., & Leifer, D. (2018). How design thinking opens new frontiers for strategy development. California Management Review, 61(1), 34-55. <a href="https://doi.org/10.1177/0008125618790461">https://doi.org/10.1177/0008125618790461</a>	
13	Naldini, M. M., & Capolongo, S. (2017). Design thinking as a framework for the design of a sustainable waste sterilization system: The case of Piedmont Region, Italy. Sustainable Cities and Society, 35, 824-832. doi: 10.1016/j.scs.2017.07.012	
14	Naldini, M. M., & Capolongo, S. (2017). Design thinking as a framework for the design of a sustainable waste sterilization system: The case of Piedmont Region, Italy. Sustainable Cities and Society, 35, 824-832. doi: 10.1016/j.scs.2017.07.012	Focar na compreensão da problemática apresentada a partir de um estudo completo do perfil do Cliente.

## **APÊNDICE VII – E-MAIL ENCAMINHADO COMO CONVITE AOS ENTREVISTADOS NA PRIMEIRA ETAPA DE VALIDAÇÃO DE BARREIRAS**

Bom dia!

Sou Matheus Pereira da Silva, aluno de mestrado da Universidade de Brasília em Estruturas e Construção Civil.

Estou realizando uma pesquisa, orientada pela **Professora Doutora Michele Tereza Marques Carvalho**, denominada “**Elaboração de Framework Teórico para Gestão BIM utilizando conceitos advindos do Lean, Agile e Design Thinking**”.

Para etapa inicial de enriquecimento da premissa da pesquisa, necessitamos discutir, com um grupo de aproximadamente quatro especialistas, as principais problemáticas identificadas mediante extensa varredura da literatura, bem como os princípios e valores advindos dos conceitos tidos como pertinentes.

Dirigimo-nos a vossa senhoria, indicada devido à sua experiência profissional ou acadêmica com os conceitos apresentados, para que juntos possamos construir essa pesquisa de forma plural e colaborativa.

Inicialmente, trata-se de simples reunião online, através do Microsoft Teams, Zoom ou Google Meet, de viés colaborativo entre especialistas onde, após apresentação inicial, serão discutidas as aplicações práticas, validade prática face à sua experiência, e possíveis sugestões, para os problemas e valores identificados no mapeamento sistemático de literatura.

Necessitamos de sua colaboração em uma roda de discussões aberta com outros especialistas da área, sendo uma oportunidade muito válida de aprofundarmos discussões e compartilharmos experiência.

Agradecemos desde já sua participação e contribuição para com a ciência brasileira.

## APÊNDICE VIII – ETAPA DE SUGESTÃO COM ESPECIALISTAS QUANTO ÀS PROBLEMÁTICAS ENCONTRADAS

Objetivo: Obter uma prévia validação das problemáticas identificadas em mapeamento sistemático de literatura. A figura do especialista permite aferir em sua visão sistêmica, com base em sua vivência e realidade, contextualizar a problemática aferida, bem como sugerir novas barreiras à gestão BIM.

Entrevistado: Professor Msc. João Alberto da Motta Gaspar

E-mail: joagaspar@ebbim.com.br

Orientadora: Professora Doutora Michele Tereza Marques Carvalho

Aluno: Matheus Pereira da Silva

### Avaliação de Barreiras à Gestão BIM relativas à Pessoas

<i>Barreira</i>	<i>Descrição</i>	<i>Pontuação na Escala Likert (1 a 5)</i>	<i>Considerações</i>
<i>Pessoas</i>	NECESSIDADE DE ELEVADO INVESTIMENTO DE TEMPO E DINHEIRO PARA TREINAMENTO DA EQUIPE		
	DIFICULDADE EM ENCONTRAR CORPO TÉCNICO QUALIFICADO		
	RESISTÊNCIA PSICOLÓGICA À MUDANÇAS DE PROCEDIMENTOS		





<i>Barreira</i>	<i>Descrição</i>	<i>Pontuação na Escala Likert (1 a 5)</i>	<i>Considerações</i>
	ETAPAS INICIAIS DE PROJETO		
	AUSÊNCIA DE FRAMEWORK E MODELOS PARA GESTÃO CONTRATUAL E DEFINIÇÃO DE RESPONSABILIDADES		
	COMPLEXIDADE INERENTE À OPERAÇÃO DOS SOFTWARES E PROCESSOS BIM		
	DIFICULDADE EM COMPREENDER AS DEMANDAS DO CLIENTE PARA AS ETAPAS INICIAIS DO PROJETO		

Avaliação de Barreiras à Gestão BIM quanto à tecnologia

<i>Barreira</i>	<i>Descrição</i>	<i>Pontuação na Escala Likert (1 a 5)</i>	<i>Considerações</i>
<i>Tecnologia</i>	ALTO CUSTO INICIAL DE AQUISIÇÃO DE SOFTWARE E HARDWARE		



## APÊNDICE IX – FORMULÁRIO DE PARTICIPAÇÃO DAS RODADAS DELPHI

### AVALIAÇÃO EM PRIMEIRA RODADA DE DELPHI

#### AVALIAÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE PRINCÍPIOS E VALORES ADVINDOS DO LEAN, AGILE E DESIGN THINKING FACE ÀS BARREIRAS IDENTIFICADAS A GESTÃO BIM.

Entrevistado:

Titulação:

Tempo de Experiência com BIM:

E-mail:

Orientadora: Professora Doutora Michele Tereza Marques Carvalho

Aluno: Matheus Pereira da Silva

Associe em uma escala de 0 a 2 como dada prática e princípio apresentados se relacionam, no sentido de configurar possível solução dentro de um contexto teórico, ao problema abordado.

A escala se dá a partir do seguinte critério:

**0** - A prática/princípio apresentado não se relaciona com o problema apresentado.

**1** - A prática/princípio apresentado se correlaciona parcialmente com o problema apresentado, podendo eventualmente consistir em um campo para soluções de problemáticas dessa natureza.

**2** - A prática/princípio apresentado se correlaciona diretamente com o problema apresentado, constituindo solução factual para problemáticas dessa natureza.

As barreiras apresentadas foram obtidas através de mapeamento sistemático na literatura e validadas por especialistas na área, referindo-se a elementos que constituem desafios à gestão de projetos BIM, desde a etapa de implementação até a efetivação do alcance de um maior nível de maturidade BIM na organização, dividindo-se na categoria de Pessoas, Processos e Tecnologia.

Quanto às práticas e princípios, esses referem-se a aplicações ou conceitos teóricos aplicados extraídos da literatura científica, de publicações que abordassem aplicações destes conceitos na indústria da construção civil.

**Objetiva-se através dessa avaliação aferir o vínculo teórico entre as práticas e princípios obtidos na literatura e confeccionar a partir desta correlação, um framework teórico atribuindo, a cada problemática apresentada, as práticas e princípios que se correlacionem teoricamente como caminhos para implementar uma gestão mais efetiva.**

### **Barreiras Identificadas:**

Foram identificadas e posteriormente validadas as seguintes barreiras à gestão BIM, classificadas em Pessoas (P), Processos (PR) e Tecnologia (T).

#### **Pessoas:**

P1 - NECESSIDADE DE ELEVADO INVESTIMENTO DE TEMPO E DINHEIRO PARA TREINAMENTO DE EQUIPE

P2 - DIFICULDADE EM ENCONTRAR CORPO TÉCNICO QUALIFICADO

P3 - RESISTÊNCIA PSICOLÓGICA À MUDANÇAS DE PROCEDIMENTOS (RELACIONADO A MAIOR NECESSIDADE DE COLABORAÇÃO DA GESTÃO BIM)

P4 - AUSÊNCIA DE PERCEPÇÃO QUANTO AO RETORNO FINANCEIRO

P5 - DIFICULDADE EM GERENCIAR EQUIPES DENTRO DE UM CONTEXTO COLABORATIVO

P6 - AUSÊNCIA DE COMPROMETIMENTO POR PARTE DE STAKEHOLDERS: GOVERNANÇA PÚBLICA E ALTA GESTÃO DE COMPANHIAS

#### **Processos:**

PR 1 - AUSÊNCIA DE FRAMEWORKS E PROCEDIMENTOS QUE ORIENTEM PROCESSOS DE GESTÃO

PR 2 - DEMANDA DE UMA MAIOR CARGA DE TRABALHO NAS ETAPAS INICIAIS DE PROJETO

PR 3 - AUSÊNCIA DE FRAMEWORK E MODELOS PARA GESTÃO CONTRATUAL E DEFINIÇÃO DE RESPONSABILIDADES

PR 4 - COMPLEXIDADE INERENTE À OPERAÇÃO DOS SOFTWARES E PROCESSOS BIM

PR 5 - DIFICULDADE EM COMPREENDER AS DEMANDAS DO CLIENTE PARA AS ETAPAS INICIAIS DO PROJETO

#### **Tecnologia:**

T1 - ALTO CUSTO DE AQUISIÇÃO DE SOFTWARE E HARDWARE

T2 - PROBLEMAS DE INTEROPERABILIDADE ENTRE DIVERSOS  
SOFTWARES DE DIFERENTES DISCIPLINAS

## **Análise da correlação entre práticas e princípios extraídos acerca do Lean:**

Foram aferidos na literatura diversas práticas e princípios que foram sintetizadas em 17 práticas distintas, conforme segue abaixo:

### **CÓDIGO PRÁTICA/PRINCÍPIOS DESCRIÇÃO/SÍNTESE**

<b>CÓDIGO</b>	<b>PRÁTICA/PRINCÍPIOS</b>	<b>DESCRIÇÃO/SÍNTESE</b>
<b>LEAN 01</b>	Aprimorar a visualização do fluxo de trabalho da edificação utilizando o modelo KanBan	O KanBIM apresenta conhecimento situacional aos indivíduos, orienta-os para executar o fluxo de trabalho pull preciso, reduz o retrabalho e o tempo perdido. Assim, sua aplicação possibilita a melhoria do fluxo do processo e a eliminação de desperdícios.
<b>LEAN 02</b>	Aplicar os princípios de Lean Design para otimizar projetos	Atender às necessidades espaciais dos clientes, explorando o potencial inerente às suas instalações existentes para ver se seus requisitos podem ser efetivamente acomodados sem qualquer grande trabalho de construção.
<b>LEAN 03</b>	Utilizar o Last Planner System na etapa de projeto para melhor integrar as equipes de produção com base nas informações obtidas da modelagem BIM.	O LPS é um método que tem sido mais tipicamente utilizado na produção de construção para Aumentar a confiabilidade do planejamento de produção, melhorar o desempenho da produção e criar um fluxo de trabalho de produção previsível (Ballard 2000; Hamzeh et al. 2009). Embora seu uso tenha obtido resultados positivos na produção, foi implementado em processos de design com muito menos frequência
<b>LEAN 04</b>	Realizar o tradicional mapeamento do fluxo de valores	Realizar o mapeamento do fluxo de valores do processo auxiliado por ferramentas BIM de planejamento, eliminando operações e etapas desnecessárias na execução de canteiros.
<b>LEAN 05</b>	Aplicar o método Digital Obeya Room, combinando em um	A Digital Obeya Room visa aumentar a eficiência e a produtividade em relação ao gerenciamento interdisciplinar de projeto. A informação é

**CÓDIGO PRÁTICA/PRINCÍPIOS DESCRIÇÃO/SÍNTESE**

	ambiente único diversas disciplinas da engenharia, buscando uma única fonte de informação.	carregado em um banco de dados relacional integrado e vinculado a visualização multidimensional dentro da metodologia PDCA.
<b>LEAN 06</b>	Buscar priorizar, eventualmente acima do custo, a aquisição de tecnologias que otimizem produtividade, visando a redução dos tempos de ciclo de tarefas.	Adquirir Software e Hardwares, ainda que com alto valor inicial, podem reduzir o custo das atividades relativas à projetos, uma vez que podem reduzir o tempo de realização das atividades.
<b>LEAN 07</b>	Realizar mapeamento contratual, mesclar e adaptar elementos contratuais já bem sucedidos conforme histórico da companhia com ferramentas BIM, promovendo uma atmosfera de confiança e cooperação.	Integrar construtores terceirizados, por exemplo, ao projeto através de uma melhor compreensão do escopo antes de definições contratuais, bem como instituir medidas de cooperação entre equipes.
<b>LEAN 08</b>	Utilizar o Last Planner System para desenvolver um fluxo de trabalho mais realista, atentando-se ao feedback de clientes, empreiteiros e projetistas	-
<b>LEAN 09</b>	Aplicar o conceito de Integrated Project Delivery, buscando um melhor equilíbrio na	Nesse contexto, a adoção de IPD consiste em garantir um ambiente colaborativo na tomada de decisões contratuais junto a stakeholders, visando



**CÓDIGO PRÁTICA/PRINCÍPIOS DESCRIÇÃO/SÍNTESE**

	relação de riscos e recompensas entre os participantes de projeto.	estabelecer critérios mínimos de produtividade, recompensas e sanções contratualmente.
<b>LEAN 10</b>	Buscar automatizar, através de rotinas algorítmicas, a execução de determinados serviços, como cálculo estimado de quantitativos de projetos.	-
<b>LEAN 11</b>	Adaptar o Level of Detail dos projetos conforme a necessidade dos clientes, focando a modelagem nos elementos de maior valor agregado.	-
<b>LEAN 12</b>	Assegurar transparência e acesso às informações de Projeto a todos os Stakeholders.	O paper refere-se a caso um stakeholder venha a solicitar informações, ele tenha a certeza que a obterá caso a solicite.
<b>LEAN 13</b>	Adotar o princípio Lean chamado "Gemba" com enfoque na observação pessoal de problemas por parte de membros da alta gestão	Dar enfoque na observação pessoal de problemas por parte de membros da alta gestão
<b>LEAN 14</b>	Implementar a adoção de reuniões multidisciplinares com abrangente escopo de Stakeholders para todos	-

**CÓDIGO PRÁTICA/PRINCÍPIOS DESCRIÇÃO/SÍNTESE**

	sugerirem possíveis soluções de projeto.	
<b>LEAN 15</b>	Envolver ativa e sistematicamente o cliente no processo de projetos iniciais. Aplicando Lean Design, maximizando valor gerado e a identificação das necessidades e objetivos de todas as partes.	-
<b>LEAN 16</b>	Utilizar Location-Based design management. O Detalhamento deverá ser realizado em clusters determinados, gerenciados conforme sua localização espacial.	-
<b>LEAN 17</b>	Buscar definir o grau de maturidade na adoção do BIM em organizações conforme as necessidades dessa organização antes de implementar medidas de gestão.	Organizações não precisam, necessariamente, adotar graus elevados de maturidade BIM, apenas adotar a maturidade que seja possível conforme sua capacidade BIM.

Agora, é necessário associar os códigos referentes às barreiras apresentadas na página 2 com os princípios apresentados nas páginas 4 e 5, seguindo a lógica de pontuação de 0 a 2 anteriormente citada.

<b>Matriz de Relação Princípio-Barreira - Conceitos advindos do Lean</b>													
<b>Atribuir nota de 0 a 2</b>	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	PR-1	PR-2	PR-3	PR-4	PR-5	T-1	T-2
<b>Lean 01</b>													
<b>Lean 02</b>													
<b>Lean 03</b>													
<b>Lean 04</b>													
<b>Lean 05</b>													
<b>Lean 06</b>													
<b>Lean 07</b>													
<b>Lean 08</b>													
<b>Lean 09</b>													

<b>Matriz de Relação Princípio-Barreira - Conceitos advindos do Lean</b>													
<b>Lean 10</b>													
<b>Lean 11</b>													
<b>Lean 12</b>													
<b>Lean 13</b>													
<b>Lean 14</b>													
<b>Lean 15</b>													
<b>Lean 16</b>													
<b>Lean 17</b>													

**0** - A prática/princípio apresentado não se relaciona com o problema apresentado.

**1** - A prática/princípio apresentado se correlaciona parcialmente com o problema apresentado, podendo eventualmente consistir em um campo para soluções de problemáticas dessa natureza.

**2** - A prática/princípio apresentado se correlaciona diretamente com o problema apresentado, constituindo solução factual para problemáticas dessa natureza.

## **Análise da correlação entre práticas e princípios extraídos acerca do Método Agile:**

Foram aferidos na literatura diversas práticas e princípios que foram sintetizadas em 07 práticas distintas, conforme segue abaixo:

<b>CÓDIGO</b>	<b>PRÁTICA/PRINCÍPIOS</b>	<b>DESCRIÇÃO/SÍNTESE</b>
<b>AGILE 01</b>	Compactar etapas de Projeto utilizando múltiplas equipes	Compactar etapas de projeto se refere a criar pacotes menores de trabalho, mais facilmente compreendidos.
<b>AGILE 02</b>	Gestão autônoma e por resultados	Conceder maior autonomia às equipes de projeto, gerenciando resultados.
<b>AGILE 03</b>	Adotar a tecnologia Blockchain interligando-se à gestão contratual.	A tecnologia blockchain é um mecanismo de banco de dados avançado que permite o compartilhamento transparente de informações na rede de uma empresa. Um banco de dados blockchain armazena dados em blocos interligados em uma cadeia. Os dados são cronologicamente consistentes porque não é possível excluir nem modificar a cadeia sem o consenso da rede.
<b>AGILE 04</b>	Incentivo à adoção de equipes menores e mais autônomas	Incentivo ao trabalho em equipes menores, com maior dinamismo.
<b>AGILE 05</b>	Aumentar frequência de entrega, gerando pontos de controle junto ao cliente	Busca por entregar frequentemente elementos do contrato, garantindo saldo junto ao contratante. Entregar pode significar tanto de fato realizar uma entrega formal de uma etapa de projeto quanto definir uma milestone nas entregas, onde há um controle e "recebimento" do serviço por parte do cliente.

**CÓDIGO PRÁTICA/PRINCÍPIOS DESCRIÇÃO/SÍNTESE**

<b>CÓDIGO</b>	<b>PRÁTICA/PRINCÍPIOS</b>	<b>DESCRIÇÃO/SÍNTESE</b>
<b>AGILE 06</b>	Garantir plataformas de integração em tempo real através de hubs acessíveis	Tornar as informações relativas aos projetos facilmente acessíveis, permitindo interações em tempo real entre equipes de projeto.
<b>AGILE 07</b>	Buscar nivelar o nível de conhecimento das equipes	Encorajar a formação de equipes de generalistas, com níveis similares de conhecimento.

Agora, é necessário associar os códigos referentes às barreiras apresentadas na página 2 com os princípios apresentados na página 7, seguindo a lógica de pontuação de 0 a 2 anteriormente citada.

<b>Matriz de Relação Princípio-Barreira - Conceitos advindos do Método Agile</b>													
<b>Atribuir nota de 0 a 2</b>	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	PR-1	PR-2	PR-3	PR-4	PR-5	T-1	T-2
<b>Agile 01</b>													
<b>Agile 02</b>													
<b>Agile 03</b>													
<b>Agile 04</b>													
<b>Agile 05</b>													
<b>Agile 06</b>													
<b>Agile 07</b>													

**0** - A prática/princípio apresentado não se relaciona com o problema apresentado.

**1** - A prática/princípio apresentado se correlaciona parcialmente com o problema apresentado, podendo eventualmente consistir em um campo para soluções de problemáticas dessa natureza.

**2** - A prática/princípio apresentado se correlaciona diretamente com o problema apresentado, constituindo solução factual para problemáticas dessa natureza.

## **Análise da correlação entre práticas e princípios extraídos acerca do Design Thinking:**

Foram aferidos na literatura diversas práticas e princípios que foram sintetizadas em 06 práticas distintas, conforme segue abaixo:

<b>CÓDIGO</b>	<b>PRINCÍPIO/APLICAÇÃO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
<b>DES. THINKING 01</b>	Adoção do raciocínio divergente/convergente	Incentivar a adoção da técnica de pensamento divergente e convergente, permitindo melhor compreensão das necessidades do cliente e da problemática a ser solucionada.
<b>DES. THINKING 02</b>	O processo produtivo deve ser transparente, com uma análise lógica e racional de cada etapa	Incentivar maior transparência no processo criativo, incentivando a troca de informações entre projetistas, gerentes e clientes para chegar a um equilíbrio de interesses.
<b>DES. THINKING 03</b>	Fomentar flexibilidade e adaptabilidade na equipe	Fomentar a uma cultura de flexibilidade e adaptabilidade, permitindo que a equipe altere procedimentos conforme cada demanda de cliente.
<b>DES. THINKING 04</b>	Adotar uma mentalidade que melhor pondere a aversão ao risco	Adotar na gerência da organização uma mentalidade menos aversa ao risco
<b>DES. THINKING 05</b>	Investir esforços na criação do Mínimo Produto Viável	Incentivar a experimentação e construção de protótipos, desprendendo tempo e esforço nas etapas iniciais junto ao cliente, para reduzir o volume de trabalho do processo como um todo.



<b>CÓDIGO</b>	<b>PRINCÍPIO/APLICAÇÃO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
<b>DES. THINKING 06</b>	Realizar um detalhado mapeamento do perfil do cliente	Focar na compreensão da problemática apresentada a partir de um estudo completo do perfil do Cliente.

Agora, é necessário associar os códigos referentes às barreiras apresentadas na página 2 com os princípios apresentados na página 9, seguindo a lógica de pontuação de 0 a 2 anteriormente citada.

<b>Matriz de Relação Princípio-Barreira - Conceitos advindos do Design Thinking</b>													
<b>Atribuir nota de 0 a 2</b>	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	PR-1	PR-2	PR-3	PR-4	PR-5	T-1	T-2
<b>Des. Thinking 01</b>													
<b>Des. Thinking 02</b>													
<b>Des. Thinking 03</b>													
<b>Des. Thinking 04</b>													
<b>Des. Thinking 05</b>													
<b>Des. Thinking 06</b>													

**0** - A prática/princípio apresentado não se relaciona com o problema apresentado.

**1** - A prática/princípio apresentado se correlaciona parcialmente com o problema apresentado, podendo eventualmente consistir em um campo para soluções de problemáticas dessa natureza.

**2** - A prática/princípio apresentado se correlaciona diretamente com o problema apresentado, constituindo solução factual para problemáticas dessa natureza.