



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL: ESTRUTURAS E
CONSTRUÇÃO CIVIL

GABRIELA LINHARES LANDIM

IMPLEMENTAÇÃO DE *LEAN CONSTRUCTION* E BIM COMO PARTE DE
OBJETIVOS ESTRATÉGICOS DE EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO: UM ESTUDO
DE CASO DO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL

FORTALEZA

2023

GABRIELA LINHARES LANDIM

SINERGIA ENTRE *LEAN CONSTRUCTION* E BIM COMO PARTE DE OBJETIVOS
ESTRATÉGICOS DE EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO: UM ESTUDO DE CASO DO
SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia Civil. Área de concentração: Construção Civil.

Orientador: Prof. Dr. José de Paula Barros Neto.
Coorientadora: Prof^a. Dr^a Mariana Monteiro Xavier de Lima.

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Landim, Gabriela Linhares.

Implementação de Lean Construction e BIM como Parte de Objetivos Estratégicos de Empresas de Construção: Um Estudo de Caso do Setor da Construção Civil / Gabriela Linhares Landim. – 2023.
178 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil, Fortaleza, 2023.

Orientação: Prof. Dr. José de Paula Barros Neto.

Coorientação: Profa. Dra. Mariana Monteiro Xavier de Lima.

1. Implementação BIM. 2. Implementação Lean. 3. Sinergia BIM e Lean. I. Título.

CDD 624.1

GABRIELA LINHARES LANDIM

SINERGIA ENTRE *LEAN CONSTRUCTION* E BIM COMO PARTE DE OBJETIVOS
ESTRATÉGICOS DE EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO: UM ESTUDO DE CASO DO
SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia Civil. Área de concentração: Construção Civil.

Aprovada em 11/08/2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José de Paula Barros Neto (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^ª. Dr^ª. Mariana Monteiro Xavier de Lima (Coorientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^ª. Dr^ª. Vanessa Ribeiro Campos
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^ª. Dr^ª. Clarissa Notariano Biotto
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Eduardo Luis Isatto
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

À Deus.

A minha mãe, Graça, ao meu pai, Osvaldo e aos meus familiares que me trouxeram até aqui.

Ao meu esposo, Igor, que foi minha fortaleza e segurança durante o mestrado.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus e a minha mãe, Maria Santíssima, por sempre estarem tão presentes, às vezes por meio de detalhes e às vezes de forma muito concreta e inquestionável. Creio que absolutamente tudo em minha vida foi graça, providência e misericórdia divina.

À minha família, em especial minha mãe, Graça, meu pai, Osvaldo, meus irmãos, Isaac e Júnior, meus sogros, Gildaci e Antônio, meus cunhados, Ítalo, Luísa, Clara, Priscila e Nicole. Vocês foram meu apoio e minha válvula de escape durante todo este período.

À Igor, meu esposo, por não somente me apoiar desde o princípio do mestrado, mas me incentivar a buscar o meu melhor, a me reinventar e mostrar que eu sou capaz de mais coisas do que imaginava. Obrigada pelo seu amor, paciência e carinho durante esses anos e por ter estado do meu lado em todos os momentos difíceis ao longo do mestrado.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Barros Neto e minha coorientadora, Prof^ª Dra. Mariana, por serem meus guias, me ensinarem e me cobrarem, agradeço pela dedicação, paciência, incentivo e confiança. Aos colegas do Gercon, que foram fundamentais para me mostrar o que é uma pesquisa e como desenvolvê-la, em especial ao Prof. Msc. Cândido, que para mim foi um orientador extraoficial. Graças a ele e ao Gercon eu percebi que a pesquisa se desenvolve melhor em grupo e que debates sobre aquilo que se pesquisa engrandecem o conhecimento e estendem as nossas fronteiras.

À coordenação, aos docentes e demais funcionários do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil – UFC que se adaptaram e tornaram possível o desenvolvimento do mestrado mesmo em meio a pandemia.

Às empresas que se disponibilizaram em participar da minha pesquisa, as quais eu não posso revelar os nomes, mas que possuem minha gratidão, pois sem as suas participações não seria possível o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos colegas de mestrado, que mesmo durante o regime de aulas remoto se mostraram tão presentes, pelas reuniões semanais para discussões sobre nossas pesquisas, pelos materiais de estudo compartilhados, pelo incentivo e experiências trocadas, em especial ao Paulo Rogério e Rebeca Nara, que eu conheci no mestrado, e Larissa, que já é minha amiga de outras aventuras e que no mestrado foi aquela com quem compartilhei planejamentos, mudanças, esperanças e medos. Aos demais colegas de mestrado, em especial aos que foram do meu Cariri para Fortaleza em busca de vencer mais este desafio.

Aos amigos que estão comigo desde sempre, Acacio Emerson, Maynara Paula, Cícera Iara e Carol Ribeiro, e aos compadres Adriano e Evelyn, Jean e Romana, e Fernando, pela amizade, orações, conselhos e compreensão pela ausência em diversos momentos. Aos amigos que conheci graças ao mestrado, em especial Washington Bastos, que me permitiu uma oportunidade profissional que dificilmente eu alcançaria sem sua ajuda.

Compreendi que todas as flores por Ele criadas são belas, e que o esplendor da rosa e a brancura do lírio não tiram o perfume da humilde violeta nem a simplicidade encantadora da margarida. Compreendi que se todas as flores quisessem ser rosas, a natureza perderia sua pompa primaveril e os campos já não seriam salpicados de florzinhas. A perfeição consiste em fazer sua vontade, em ser aquilo que Ele quer que sejamos.

Santa Teresinha do Menino Jesus

RESUMO

Diversas pesquisas têm sido desenvolvidas sobre sinergia entre *Lean Construction* e BIM, porém a maioria delas tem sido focada em aplicação de ferramentas, com enfoque operacional e etapas específicas do ciclo de vida dos projetos. Entretanto, alguns pesquisadores já alertaram que a integração de *Lean Construction* e BIM, alinhado com os objetivos estratégicos das empresas, pode resultar em um ganho superior de produtividade e redução de desperdícios. Poucas são as pesquisas que procuram investigar a implementação de longo prazo de *Lean Construction* e BIM em empresas de construção de forma a aproveitar ao máximo a sinergia existente. Desse modo, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o processo de integração entre BIM e *Lean Construction* em empresas de construção sob a perspectiva estratégica. Em vista disto, o presente trabalho se caracteriza como um estudo exploratório e descritivo com abordagem qualitativa. A estratégia de pesquisa adotada foi o Estudo de Caso, organizado em três fases. A primeira fase envolveu a fundamentação e compreensão do tema da pesquisa e foi composta pela Revisão Sistemática de Literatura (RSL), na qual se procurou obter conhecimento sobre implementações estratégicas de *Lean Construction* e BIM de forma separada e em conjunto. Este conhecimento foi utilizado para que fosse elaborado um roteiro de entrevistas. A segunda fase consistiu na condução das entrevistas semiestruturadas com representantes de empresas que já possuem *Lean* e BIM implementados, a fim de se conhecer os processos pelos quais as empresas passaram para se alcançar a implementação, além de dificuldades e contribuições de cada implementação. E a terceira fase consistiu na análise de conteúdo das entrevistas para tirar conclusões generalizáveis sobre boas práticas para implementação de *Lean* e BIM e integração entre eles e descrição das contribuições teóricas e práticas do caso estudado.

Palavras-chave: Implementação BIM; Implementação *Lean*; Sinergia BIM e *Lean*.

ABSTRACT

Several studies have been carried out on the synergy between Lean Construction and BIM, but most of them have been focused on the application of tools, with an operational focus and specific stages of the project's life cycle. However, some researchers have already warned that the integration of Lean Construction and BIM, in line with the strategic objectives of companies, can result in a higher gain in productivity and reduction of waste. There are few studies that seek to investigate the long-term implementation of Lean Construction and BIM in construction companies in order to take full advantage of the existing synergy. Thus, the present work aims to evaluate the integration process between BIM and Lean Construction in construction companies from a strategic perspective. In view of this, the present work is characterized as an exploratory and descriptive study with a qualitative approach. The research strategy adopted was the Case Study, organized in three phases. The first phase involved the foundation and understanding of the research topic and was composed of the Systematic Literature Review (SLR), in which knowledge was sought about strategic implementations of Lean Construction and BIM separately and together. This knowledge was used to prepare an interview script. The second phase consisted of conducting semi-structured interviews with representatives of companies that already have Lean and BIM implemented, in order to learn about the processes the companies went through to achieve implementation, in addition to the difficulties and contributions of each implementation. And the third phase consisted of analyzing the content of the interviews to draw generalizable conclusions about good practices for implementing Lean and BIM and their integration and description of the theoretical and practical contributions of the case studied.

Keywords: BIM implementation; Lean implementation; BIM and Lean synergy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tipos de Estratégia.....	25
Figura 2 - Visão da produção como transformação.....	27
Figura 3 - Visão da produção como fluxo	28
Figura 4 - Modelo de Implementação de <i>Lean Construction</i>	31
Figura 5 - Conotações BIM	34
Figura 6 - Estrutura BIM: Campos, Estágios e Lentes - modelo triaxial	34
Figura 7 - Campos BIM.....	35
Figura 8 - Maturidade BIM dividida em 3 estágios – visão linear	36
Figura 9 - Lentes BIM - modelo triaxial.....	37
Figura 10 - Comparativo entre o processo tradicional de desenvolvimento de projetos (CAD) e o processo BIM.....	37
Figura 11 - Enquadramento metodológico	47
Figura 12 - Etapas do Estudo de Caso.....	50
Figura 13 - Delineamento da Pesquisa	51
Figura 14 - Método para Revisão Sistemática de Literatura	54
Figura 15 - Etapas da análise de conteúdo	63
Figura 16 - Exemplo de codificação realizada no Atlas.ti.....	64
Figura 17 - Número de artigos publicados por ano	67
Figura 18 - Países de origem dos autores	67
Figura 19 - Periódicos encontrados	68
Figura 20 - Matriz de Capacidade Organizacional.....	73
Figura 21 - Aspectos que mais influenciam na implantação de <i>Lean</i> e BIM.....	74
Figura 22 - Modelo de maturidade integrado BIM e <i>Lean</i>	76
Figura 23 - Cores dos diagramas exportados do Atlas.ti.....	81
Figura 24 - Bons resultados com <i>Lean</i>	82
Figura 25 - Implementação de <i>Lean</i> – empresa A.....	83
Figura 26 - Motivo de implementar o <i>Lean</i> – empresa A	84
Figura 27 - Dificuldades para adoção do <i>Lean</i> - Empresa A.....	85
Figura 28 - Contribuições do <i>Lean</i> – Empresa A	86
Figura 29 – Padronização trazida pelo <i>Lean</i>	87
Figura 30 - Motivo da empresa A ter buscado implementar o BIM	88
Figura 31 - Desafios para adoção do BIM - empresa A	89

Figura 32 - Direcionadores estratégicos da empresa A	90
Figura 33 - BIM pode ser <i>Lean</i>	90
Figura 34 - Utilização do BIM de forma personalizada para as necessidades de cada contrato	91
Figura 35 - Digitalizar sem <i>Lean</i>	91
Figura 36 – Implementação BIM – Empresa A.....	92
Figura 37 - Erros ao implementar o BIM	93
Figura 38 - Contribuições do BIM – Empresa A	94
Figura 39 - Plano de implementação BIM – Empresa A.....	95
Figura 40 - Linha do tempo de implementação <i>Lean</i> e BIM - Empresa A	96
Figura 41 - Aspectos importantes da empresa para implementações de sucesso.....	97
Figura 42 – Implementar o BIM de forma enxuta.....	98
Figura 43 – BIM como ferramenta <i>Lean</i>	98
Figura 44 - Integração <i>Lean</i> e BIM – Empresa A	99
Figura 45 - Desafio para integrar <i>Lean</i> e BIM – Empresa A	101
Figura 46 - Benefícios do uso integrado entre <i>Lean</i> e BIM – Empresa A	103
Figura 47 - Próximos passos - empresa A	104
Figura 48 - Início da implementação <i>Lean</i> - Empresa B.....	105
Figura 49 - Motivos para implementar o <i>Lean</i> - Empresa B.....	106
Figura 50 - Dificuldades em adotar o <i>Lean</i> - Empresa B	106
Figura 51 - Dificuldades com a média gerência.....	107
Figura 52 - Implementação <i>Lean</i> - Empresa B.....	107
Figura 53 - Contribuições do <i>Lean</i> - Empresa B.....	108
Figura 54 – Modelo de gestão – Empresa B.....	108
Figura 55 - Motivos para implementar o BIM - Empresa B	109
Figura 56 - Dificuldades para implementar o BIM - Empresa B	110
Figura 57 - Implementação BIM -Empresa B	110
Figura 58 - Contribuições do BIM - Empresa B	111
Figura 59 - BIM na empresa B	112
Figura 60 - Dificuldades para integração de BIM e <i>Lean</i> - Empresa B	113
Figura 61 - Contribuições da integração entre <i>Lean</i> e BIM – Empresa B	114
Figura 62 - Integração <i>Lean</i> e BIM - Empresa B	114
Figura 63 - Facilitadores para implementações na empresa B	115
Figura 64 - Próximos passos para integração de <i>Lean</i> e BIM – Empresa B	115

Figura 65 - Motivos e dificuldade para implementação de <i>Lean</i> - Empresa C	116
Figura 66 - Implementação <i>Lean</i> - Empresa C	117
Figura 67 - Contribuições do <i>Lean</i> - Empresa C	117
Figura 68 - Motivos para implementar o BIM - Empresa C	118
Figura 69 - Dificuldades na implementação de BIM - Empresa C	119
Figura 70 - Implementação BIM - Empresa C	120
Figura 71 - Contribuições do BIM – Empresa C	120
Figura 72 - Integração <i>Lean</i> e BIM - Empresa C	121
Figura 73 - Próximos passos - Empresa C	122
Figura 74 - Motivos para o BIM - Empresa D	123
Figura 75 - Processo de implementação BIM - Empresa D	124
Figura 76 - Implementação BIM - Empresa D	125
Figura 77 - Dificuldades para implementação BIM - Empresa D	126
Figura 78 - Contribuições do BIM - Empresa D	127
Figura 79 - Motivos para implementar o <i>Lean</i> - Empresa D	128
Figura 80 - Processo de implementação do <i>Lean</i> - Empresa D	129
Figura 81 - Implementação <i>Lean</i> - Empresa D	130
Figura 82 - Dificuldades para implementar <i>Lean</i> - Empresa D	131
Figura 83 - Contribuições do <i>Lean</i> - Empresa D	131
Figura 84 - Começo da integração BIM e <i>Lean</i> - Empresa D	132
Figura 85 - Interação BIM e <i>Lean</i> - Empresa D	133
Figura 86 - Implementação <i>Lean</i>	135
Figura 87 - Implementação <i>Lean</i> – Principais tópicos	136
Figura 88 - Motivos para implementar o <i>Lean</i>	139
Figura 89 - Motivos para implementar o <i>Lean</i> – Principais tópicos	140
Figura 90 - Desafios para implementação de <i>Lean</i>	141
Figura 91 - Desafios para implementação de <i>Lean</i> – Principais tópicos	142
Figura 92 - Implementação BIM	145
Figura 93 - Implementação BIM – Principais tópicos	146
Figura 94 - Motivos de implementar o BIM	148
Figura 95 - Motivos de implementar o BIM – Principais tópicos	149
Figura 96 - Desafios para implementar o BIM	150
Figura 97 - Desafios para implementar o BIM – Principais tópicos	151
Figura 98 - Integração entre <i>Lean</i> e BIM	154

Figura 99 - Integração entre <i>Lean</i> e BIM – Principais tópicos.....	157
Figura 100 - Desafios para integração <i>Lean</i> e BIM.....	158
Figura 101 - Desafios para integração <i>Lean</i> e BIM – Principais tópicos.....	160

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Fatores Críticos de Sucesso para Implementação BIM em instituições públicas brasileiras.....	40
Quadro 2 - Escolha da Estratégia de Pesquisa.....	48
Quadro 3 - Atendimento dos objetivos específicos em cada etapa da pesquisa.....	52
Quadro 4 - Protocolo da Revisão Sistemática de Literatura.....	56
Quadro 5 - Quantidade de artigos encontrados na busca da RSL	57
Quadro 6 - Caracterização dos respondentes.....	61
Quadro 7 - String de Busca da RSL	66
Quadro 8 - Artigos analisados na RSL	68
Quadro 9 - Modelo Integrado de Maturidade <i>Lean</i> e BIM.....	77
Quadro 10 - Principais descobertas da RSL	79
Quadro 11 - Contribuições do <i>Lean</i>	142
Quadro 12 - Contribuições do BIM.....	152
Quadro 13 - Contribuições da integração <i>Lean</i> e BIM.....	161

LISTA DE ABREVIACÕES

AECO	Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
EAP	Estrutura Analítica de Projetos
ICC	Indústria da Construção Civil
IGLC	<i>International Group for Lean Construction</i>
IPD	<i>Integrated Project Delivery</i>
LPS	<i>Last Planner System</i>
PPC	Porcentagem de Partes Concluídas
RSL	Revisão Sistemática de Literatura
STP	Sistema Toyota de Produção
VDC	<i>Virtual Design and Construction</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	CONTEXTO E JUSTIFICATIVA	18
1.2	QUESTÃO DE PESQUISA	20
1.3	OBJETIVOS	21
1.4	DELIMITAÇÃO DO ESTUDO	21
2	REFERENCIAL TEÓRICO	23
2.1	VISÃO ESTRATÉGICA.....	23
2.1.1	Conceitos Fundamentais sobre Estratégia	23
2.1.2	A Hierarquia do Planejamento	25
2.1.3	Questões Estratégicas na Construção Civil	26
2.2	<i>LEAN CONSTRUCTION</i>	27
2.2.1	Implementação Estratégica do Lean Construction	30
2.3	BIM.....	32
2.3.1	Implementação Estratégica do BIM	38
2.4	SINERGIA ENTRE <i>LEAN</i> E BIM	41
2.4.1	Implementação Estratégica de Lean Construction e BIM	44
3	METÓDO DE PESQUISA	47
3.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	47
3.2	ESTRATÉGIA DE PESQUISA	48
3.3	DELINEAMENTO DA PESQUISA	49
3.3.1	Definir e projetar	52
3.3.2	Preparar, coletar e analisar	59
3.3.3	Analisar e concluir	65
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	66
4.1	REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA.....	66
4.1.1	Bibliometria	66
4.1.2	Principais achados	71

4.2	ENTREVISTAS E ANÁLISE DE CONTEÚDO	81
4.2.1	Empresa A.....	81
4.2.2	Empresa B.....	104
4.2.3	Empresa C.....	116
4.2.4	Empresa D.....	122
4.2.5	Análise dos resultados	134
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	165
	REFERÊNCIAS	167
	APÊNDICE A – ROTEIRO DE ENTREVISTAS SEMIESTRUTURADO.....	177

1 INTRODUÇÃO

Esta seção abrange as subseções de contexto e justificativa, questão de pesquisa, objetivos e delimitação. Ao longo das subseções serão apresentados o tema do trabalho, os motivos de ordem prática e teórica que justificam a escolha do tema e o contexto no qual a pesquisa está inserida.

1.1 Contexto e justificativa

O *Lean Construction* é uma filosofia de gestão da produção adaptado para a construção e derivado do Sistema Toyota de Produção (STP) (COMELLI, 2017). Neste modelo, é preciso ter controle no processo completo e não apenas em partes isoladas (KOSKELA, 1992), e por isso, até mesmo decisões operacionais são vinculadas às decisões estratégicas da empresa (LIKER, 2005).

Segundo Ballard e Howell (1994), a filosofia *Lean Construction* tem pelo menos dois focos que a distinguem da gestão da construção tradicional. Um dos focos é no desperdício e na redução do desperdício e o outro é no gerenciamento de fluxos e, para isso, coloca a gestão de sistemas e processos em destaque, junto com os processos de produção.

O BIM surgiu como um avanço dos sistemas CAD orientados a objetos, nos quais, os objetos inteligentes representam o projeto de um edifício, modelado em uma única estrutura virtual. Com o passar do tempo, BIM passou a ter uma conotação para representar a inovação digital no setor da construção (SCHIMANSKI; MARCHER; *et al.*, 2020).

Em vista disso, Heigermoser *et al.* (2019) enfatizam que deve ser dada uma maior ênfase ao processo do BIM e não ao modelo em si, posto que o BIM fornece uma plataforma colaborativa que facilita o compartilhamento de informações para simulação do modelo, gerenciamento de projetos e conseqüentemente, a tomada de decisões. De acordo com Arayici *et al.* (2011), com a utilização da tecnologia BIM é possível diminuir desperdícios e gerar mais valor, por meio dos projetos-piloto e processo de *design* aprimorado.

Tanto o *Lean Construction* como o BIM têm como um de seus objetivos a redução de desperdícios e retrabalho (HERRERA *et al.*, 2021; KHAN; TZORTZOPOULOS, 2014; SACKS *et al.*, 2010), porém eles têm sido aplicados separadamente para aumentar a produtividade geral e a eficiência da indústria AECO (Arquitetura, Engenharia, Construção e Operações) (HEIGERMOSER *et al.*, 2019).

Diante dos efeitos benéficos alcançados por *Lean* e BIM, pesquisadores têm estudado a possibilidade de sinergia entre eles, como é o caso de Sacks et al. (2010) e de Greenwood, Jie e Rogage (2017), por exemplo. Greenwood, Jie e Rogage (2017) afirmam que os benefícios máximos podem ser obtidos pela implementação simultânea de ambos. Já Sacks et al. (2010) afirmam que embora BIM e *Lean* sejam conceitos independentes e separados, ou seja, as práticas de *Lean* podem ser adotadas sem BIM e vice-versa, parece haver entre eles uma sinergia que vai além do seu desenvolvimento e uso na contemporaneidade.

Sacks et al. (2010) apontaram, em uma matriz, 56 interações nas quais havia benefícios na utilização simultânea de funcionalidades BIM e princípios *Lean* e, desde esta publicação, diversos autores desenvolveram pesquisas sobre a sinergia existente entre *Lean* e BIM (BATAGLIN et al., 2020; DAVE et al., 2015; DAVE; BODDY; KOSKELA, 2013; MCHUGH; DAVE; CRAIG, 2019; MELLADO; LOU, 2020; OSKOUIE et al., 2012; TEZEL et al., 2020), porém a maioria dos trabalhos foca na sinergia em nível operacional. Por exemplo, Herrera et al. (2021) buscaram responder quais *softwares* usar e em que etapas do ciclo de vida dos edifícios para aproveitar a sinergia em escritórios de arquitetura.

Ao tratar especificamente sobre a implementação do BIM, Barros Neto (2016) confirma que muitas publicações se concentram apenas em aspectos técnicos e operacionais da implantação, ao explicarem quais *softwares* utilizar ou como utilizar o BIM em um projeto específico. Segundo o autor, essa é uma visão limitada que acarreta dificuldades no processo de implantação do BIM em seus estágios mais avançados.

Murphy (2014) ressalta também que a visão de curto prazo dos responsáveis pelo processo é um dos problemas mais importantes de implantação do BIM. Este autor afirma ainda que a coordenação e colaboração entre os envolvidos é fundamental para o sucesso do processo e que os principais problemas estão ligados à gestão e não aos aspectos técnicos.

Khosrowshahi e Arayici (2012) afirmam que uma consideração fracionada da implementação real se opõe à abordagem de planejamento estratégico completo e complementar. Para estes autores, a barreira mais importante para implementação do BIM é a falta de conhecimento sobre utilidade marginal, riscos e benefícios da implementação do BIM. Barros Neto (2016) lembra ainda que estes tipos de dificuldades são encontradas em todos os processos de implementação organizacional, como *Lean*, ISO 9000, entre outros.

Uma vez que os usos do BIM aumentam a cada dia, crescem também as possibilidades de melhorias que a sinergia *Lean* e BIM pode trazer ao longo do ciclo de vida da edificação. Porém, como lembra Barros Neto (2016), aspectos técnicos não são suficientes para

apoiar um processo de implementação profundo e contínuo. Por este motivo, é necessário investir no processo organizacional e nas pessoas, uma vez que estes são os verdadeiros agentes de mudança da cultura organizacional. Como afirma Mandujano (2016), o BIM abrange todo um conjunto de componentes estratégicos essenciais para o funcionamento de qualquer organização, e o alinhamento destes componentes estratégicos é crucial para alcançar os benefícios máximos oferecidos pelo BIM (ARAYICI *et al.*, 2011).

De acordo com Rodriguez et al. (2021), o BIM e o *Lean* possuem três componentes: produto, organização e processos; e que é necessário realizar a implementação de BIM e *Lean* nesses três componentes, considerando a cultura, a filosofia e a tecnologia em conjunto, por isso, é necessário um afastamento do fluxo de trabalho tradicional, com o compartilhamento de informações entre as partes.

Em vista disso, as empresas necessitam preparar planos de implementação de longo prazo com visão estratégica, envolvendo mudança organizacional, para que consigam alcançar um estágio avançado de implementação. De outro modo, corre-se o risco de a implementação, tanto do BIM como do *Lean* não aproveitarem a sinergia existente entre eles em todo o seu potencial. Dessa forma, existe uma lacuna de conhecimento a ser investigada a fim de que a indústria da construção civil consiga aumentar seus níveis de produtividade e qualidade utilizando os benefícios da integração do BIM e do *Lean* durante todo o ciclo de vida dos empreendimentos que é a implementação organizacional e estratégica de *Lean* e BIM nas empresas de construção, com foco nos aspectos da política, do processo e da tecnologia.

1.2 Questão de Pesquisa

Desde a publicação do trabalho de Sacks *et al.* (2010), diversos estudos foram publicados sobre sinergia entre BIM e *Lean* (MELLADO; LOU, 2020; BATAGLIN *et al.*, 2020; TEZEL *et al.*, 2020; MCHUGH; DAVE; CRAIG, 2019; DAVE *et al.*, 2015; DAVE; BODDY; KOSKELA, 2013; OSKOUIE *et al.*, 2012), porém, como apontado na seção acima, a maioria deles foca no nível operacional e aspectos técnicos não são suficientes para apoiar um processo de implementação profundo e contínuo.

Atualmente, não existem muitos trabalhos acadêmicos que tratem sobre a implementação de BIM e *Lean* sob a perspectiva da visão estratégica de longo prazo, portanto a questão de pesquisa apresenta-se da seguinte forma: Como é o processo de integração BIM e *Lean Construction* nas empresas de construção sob a perspectiva estratégica?

Derivadas da questão de pesquisa principal, outras perguntas se delineiam:

- Estas implementações estavam de acordo com os objetivos de longo prazo das empresas?
- Quais benefícios as empresas percebem ao se utilizar o BIM e o *Lean Construction* de forma integrada?
- O que levou as empresas a buscarem utilizar o BIM e o *Lean Construction*?

1.3 Objetivos

A presente pesquisa tem como objetivo geral avaliar o processo de integração entre BIM e *Lean Construction* em empresas de construção sob a perspectiva estratégica.

E como objetivos específicos pretendeu-se:

- a) descrever o processo de integração entre BIM e *Lean* em empresas de construção;
- b) identificar os benefícios trazidos pela integração de *Lean* e BIM para as empresas;
- c) analisar a relação da integração *Lean* e BIM com os aspectos estratégicos das empresas;
- d) propor diretrizes para implementação e integração de BIM e *Lean*.

1.4 Delimitação do estudo

A presente pesquisa foi desenvolvida com empresas construtoras que possuem implementados o *Lean Construction* e o BIM, as quais a pesquisadora teve acesso. Ainda, delimitou-se a investigar o tema sob a ótica da empresa e não em nível intraorganizacional. Tal escolha viabiliza a consecução dos objetivos do estudo sem comprometer sua validade.

Foram escolhidas empresas que apresentassem diversidade de processos de implementações *Lean* e BIM e de diferentes portes. Desta forma, participaram da pesquisa duas empresas de grande porte, uma de construção de habitações de interesse social (empresa D) e uma que é considerada uma *General Contractor* e executa obras complexas de diversos tipos, como hidrelétricas, usinas eólicas, parques industriais, grandes hospitais, obras de infraestrutura, etc (empresa A). E também participaram duas empresas de médio porte que executam obras de edifícios verticais de alto padrão, uma com obras em Fortaleza (CE) (empresa B), outra com obras em Fortaleza (CE), Teresina (PI) e São Luís (MA) (empresa C).

Quanto a implementação de *Lean* e BIM, as empresas A e B implementaram o *Lean* antes do BIM; a empresa C implementou BIM e *Lean* ao mesmo tempo; e a empresa D implementou primeiro o BIM e depois o *Lean*. Esta variedade foi buscada para se pudesse compreender as dinâmicas dos vários processos de implementação, os pontos positivos e as dificuldades, as boas práticas e o nível de integração que cada uma das empresas alcançou, além de que foi possível analisar também como o porte da empresa influenciou nas implementações.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção apresenta os conhecimentos necessários sobre tópicos relacionados com a questão desta pesquisa. Por este motivo, os itens discorridos a seguir tratam de:

- 1) Visão Estratégica: para embasar o que é visão estratégica e as diferenças entre implementações de ferramentas (nível operacional – curto prazo) e implementações organizacionais (nível estratégico – longo prazo);
- 2) *Lean Construction*: para tratar sobre o desenvolvimento desta filosofia no setor da construção civil e informar sobre pesquisas que tratem sobre a implementação *Lean* estratégica;
- 3) BIM: para falar sobre o desenvolvimento do *Virtual Design and Construction* (VDC) e BIM não somente como modelo, mas como um processo colaborativo e informar sobre pesquisas que tratem sobre implementação BIM estratégica;
- 4) Sinergia BIM e *Lean*: para apresentar o que as pesquisas que tratam sobre este tema concluem, que ganhos são obtidos devido a essa sinergia e o que as pesquisas falam sobre a implementação conjunta de BIM e *Lean*.

2.1 Visão estratégica

Uma vez que este trabalho tem como objetivo avaliar o processo de integração entre BIM e *Lean Construction* em empresas de construção sob a perspectiva estratégica, é necessário se introduzir assuntos relacionados a estratégia para subsidiar as próximas seções e para guiar a metodologia a ser empregada a partir do que se deseja descobrir. Desta forma, esta seção tratará conceitos fundamentais sobre estratégia e depois irá introduzir este assunto dentro do setor de empresas de construção.

2.1.1 Conceitos Fundamentais sobre Estratégia

Segundo Mundstock (2008), a partir do século XIX as organizações foram obrigadas a reformular as suas estruturas para se tornarem mais competitivas. Estas organizações perceberam a necessidade de pensar cuidadosamente no seu futuro e nos resultados que suas ações poderiam trazer para a sua sobrevivência e prosperidade. Desta forma, Mundstock (2008) assume que estratégia está relacionada tanto com os meios utilizados para

uma empresa alcançar seus objetivos, como os processos pelos quais os objetivos são escolhidos e as ações são definidas e implementadas.

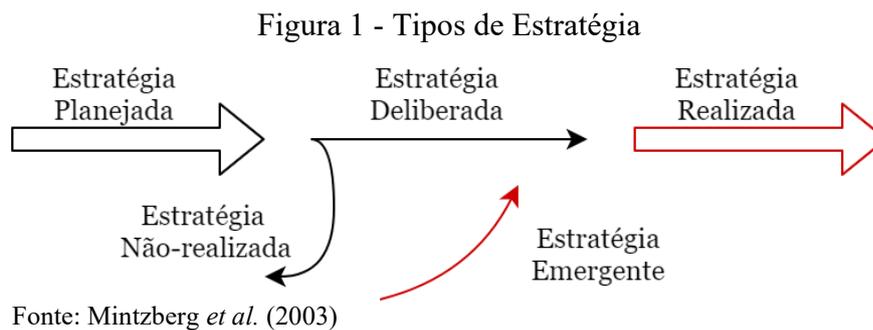
Para Mintzberg et al. (2003), a palavra estratégia é utilizada de formas muito diferentes. Então, os autores elencaram cinco definições para estratégia que são inter-relacionadas: plano, truque, padrão, posicionamento e perspectiva. Porém, de acordo com Barros Neto (2002), as duas definições mais importantes são plano e padrão.

Estratégia como plano significa que existe um planejamento anterior às ações a que se aplicam de forma consciente e proposital. Já estratégia como padrão pode ser definida como constância de comportamento, ou uma diretriz que guia as ações com base na experiência. Ou seja, a estratégia diz respeito a planos para o futuro e padrões do passado (MINTZBERG *et al.*, 2003).

Mintzberg *et al.* (2003) ainda associam estratégia às decisões mais importantes a serem tomadas, uma vez que apontam a direção geral de uma organização, moldam os objetivos, delineiam os limites nos quais atua a empresa, aloca recursos e determina a eficácia da empresa (não focando se as tarefas individuais estão sendo efetuadas com eficiência). Por isso, a estratégia adotada influencia diversos setores e afeta os seus recursos (humanos, financeiros e materiais) de vários modos (implantação de novas tecnologias, mudanças organizacionais ou de capacidade), que levam a transformações estruturais que não são revertidas facilmente (BARROS NETO, 2002).

Baseado nessa perspectiva de estratégia como plano e padrão, Mintzberg *et al.* (2003) defendem ainda que existem duas estratégias puras: a deliberada (baseada em planos) e emergente (baseada em padrões).

Ambas as estratégias são difíceis de se alcançar. A estratégia deliberada é mais racional e deve ser realizada exatamente de acordo com o planejado, ou seja, as intenções da liderança deveriam ser amplamente divulgadas e aceitas por todos, e não deveriam sofrer interferência do mercado, das forças tecnológicas ou políticas. Já a estratégia emergente é realizada totalmente sem intenção, baseada em intuição. Em outras palavras, como é extremamente difícil uma empresa adotar unicamente um tipo de estratégia pura, a estratégia realizada é um composto das estratégias deliberada e emergente, como na Figura 1



Mintzberg *et al.* (2003) elencam ainda características das decisões estratégicas que podem aumentar a chance de serem efetivas:

- Objetivos claros e específicos: para que toda a organização possa compreender o que se pretende fazer e haja o aumento do engajamento das pessoas;
- Manter a iniciativa: é importante determinar o ritmo e o curso dos eventos e não agir de forma reativa;
- Concentração: é preciso definir onde concentrar os esforços para se ter um resultado decisivo;
- Flexibilidade: definir *buffers* de capacidade, planejar manobras e reposicionamentos para permanecer em vantagem;
- Liderança coordenada e comprometida: os líderes escolhidos devem compartilhar da mesma visão da empresa. É necessário compromisso e não apenas aceitação;
- Surpresa: manter a rapidez, segredo e inteligência, no tempo certo, pode surpreender os concorrentes e levar a empresa a uma vantagem competitiva;
- Segurança: a estratégia deve proteger os pontos operacionais vitais da empresa, possuir um sistema de inteligência capaz de evitar as surpresas dos oponentes, desenvolver uma logística para suportar as principais mudanças.

2.1.2 A Hierarquia do Planejamento

O planejamento pode ser dividido em três níveis: estratégico, que trata de questões de longo prazo e influencia em toda a empresa e impacta o seu futuro; tático, que utiliza as informações do planejamento estratégico para traçar objetivos de médio prazo para os setores da empresa; e operacional, que lida com questões do curto prazo decorrentes das decisões dos níveis acima e possui impacto restrito. O planejamento estratégico, por sua vez, possui três níveis (BARROS NETO, 2002):

- Corporativo: é o nível mais macro (corporação) e procura gerenciar os recursos corporativos, definir quais serão os mercados-alvo e quais os objetivos estratégicos da corporação;
- De Negócios: neste nível é definido o limite de cada negócio e como manter uma vantagem competitiva em cada um, busca de novas oportunidades e avalia as mudanças no ambiente organizacional;
- Funcional: neste nível é definido como determinada função sustentará uma vantagem competitiva almejada pela estratégia de negócios e como esta função se relaciona com outras estratégias funcionais.

Para que a empresa obtenha uma boa vantagem competitiva, é necessário que os níveis sejam coerentes entre si. Para ficar mais claro, uma empresa pode ter participação em vários nichos de mercado, como construções habitacionais e industriais, que demandam estratégias de negócio e funcionais diferentes. Assim, a empresa traça uma estratégia corporativa para todo grupo, uma estratégia de negócios para cada mercado e estratégias funcionais para apoiarem as vantagens competitivas desejadas. Se a empresa atua em um único nicho de mercado, as estratégias corporativas e de negócios são as mesmas.

De acordo com Barros Neto (2002), os critérios competitivos são: custo, qualidade, flexibilidade, tempo e inovação, e estes são definidos de acordo com o mercado em que a empresa atua, o conhecimento dos clientes e concorrentes. Por exemplo, uma empresa que trabalha na construção de prédios residenciais de alto padrão pode priorizar flexibilidade sobre o preço, já a empresa que trabalha com construção de centros comerciais (como *shopping centers*) pode priorizar a velocidade sobre preço.

2.1.3 Questões Estratégicas na Construção Civil

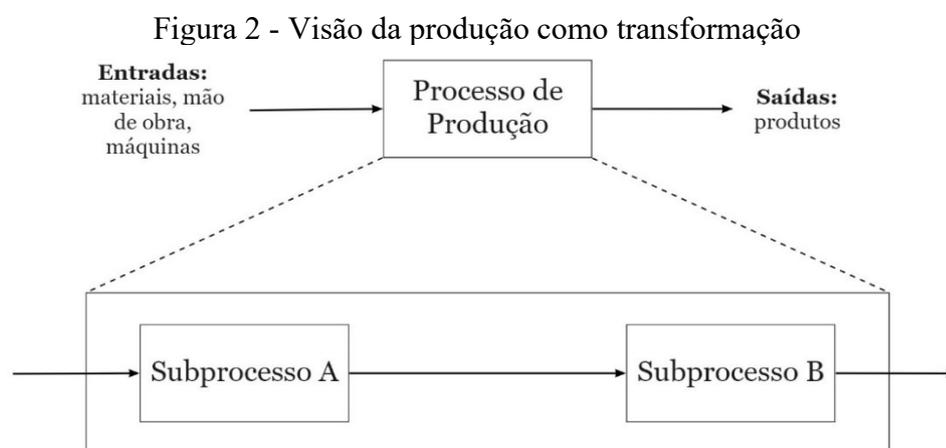
No setor da construção civil, alguns fatores influenciam na maneira das empresas se planejarem. A demanda por habitação no Brasil, por exemplo, é um problema antigo e que persiste até os dias atuais (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2021), o que permite que empresas de construção de diferentes portes funcionem. Pela variedade de tamanhos de empresas, o mercado de construções habitacionais do Brasil é muito fragmentado. Além disso, o setor da construção é muito dependente de fatores macroeconômicos do país (como inflação, taxa de juros, entre outros), do poder aquisitivo do comprador e da existência de programas de financiamento habitacional. Diante deste cenário, corre-se o risco de as

empresas de construção terem uma visão estratégica limitada com abordagem operacional e de curto prazo, uma vez que podem não se sentir forçadas a lutar contra concorrentes porque acreditam que há mercado para todos.

2.2 *Lean Construction*

A visão de produção como transformação prevalecia na indústria no século passado (KOSKELA, 2000). Entende-se por transformação a utilização de recursos para mudar o estado ou condição de algo (*inputs*) para produzir saídas (*outputs*) de bens e serviços (SLACK *et al.*, 2006).

Considerava-se que o processo de transformação poderia ser decomposto em subprocessos de transformação, como na Figura 2. De acordo com esta percepção, o custo total do processo poderia ser minimizado ao ser reduzir o custo de cada subprocesso, ou seja, uma maior produtividade em cada subprocesso é equivalente a uma redução de custos na produção. Além disso, o valor do resultado do processo (produto) é associado aos valores (ou custos) das entradas (KOSKELA, 2000).



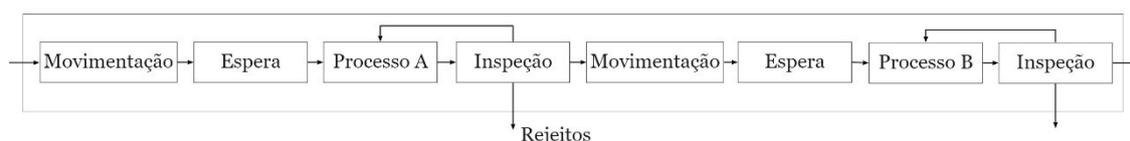
Fonte: Koskela (1992)

Esta visão da produção como transformação começou a ser modificada a partir da década de 80, quando uma nova visão do fluxo na produção começou a causar rachaduras no fundamento predominante da produção (KOSKELA, 2000).

De acordo com Shing (1988), a produção é uma rede formada pela interação entre processos e operações, em que processos são os fluxos de materiais ou produtos de um trabalhador para outro e operações são estágios discretos em que um operário ou uma máquina pode trabalhar em diferentes produtos. Desta forma, há uma dimensão da produção que não

pode ser capturada pelo modelo de transformação, que é tudo aquilo que acontece entre as transformações, como esperas, transporte e inspeção, por exemplo. Por isso, a crítica feita inicialmente por Shingo foi de que melhorias devem ser feitas tanto nos processos quanto nas operações (SHINGO, 1988).

Figura 3 - Visão da produção como fluxo



Fonte: Koskela (1992)

Um aspecto importante da visão de Shingo (1996) da produção como fluxo é considerar o tempo como recurso a ser consumido tanto pelas atividades de transformação como as de não-transformação. A partir disto, passou-se a buscar a eliminação das atividades de não-transformação (também chamadas de desperdício ou resíduo, uma vez que não agregam valor ao produto) com o objetivo de diminuir o tempo total da produção. Quanto menos atividades de não-transformação, melhor.

Nesta visão, portanto, a produção é o fluxo de material e/ou informação desde a matéria-prima até o produto final. Ao longo deste fluxo, o material é processado (transformado), inspecionado, fica em espera ou movimenta-se (Figura 3). A atividade de processamento representa a transformação, enquanto que inspeção, espera e movimentação representam o aspecto do fluxo de produção (KOSKELA, 1992).

Para Koskela (2000), a produção como fluxo pode ser caracterizada pelas perspectivas de tempo, custo e valor. O valor se refere ao cumprimento dos requisitos do cliente. Apesar de todas as atividades consumirem tempo e custo, apenas as atividades de transformação agregam valor ao produto final. Desta forma, o princípio mais importante baseado no conceito de fluxo é expresso como: eliminar ou reduzir as atividades que não agregam valor, enquanto as atividades de transformação devem ser mais eficientes.

A partir disto, outros princípios interdependentes foram derivados deste princípio fundamental. De acordo com Koskela (2000), são ao todo 11 princípios: (1) reduzir as atividades que não agregam valor, (2) aumentar o valor da produção por meio da consideração dos requisitos do cliente, (3) reduzir a variabilidade da produção, (4) reduzir o tempo de ciclo, (5) simplificação do processo ao minimizar o número de etapas, peças e ligações, (6) aumentar a flexibilidade de saída, (7) aumentar a transparência do processo, (8) controle no processo

completo, (9) incorporação da melhoria contínua ao processo, (10) melhoria de fluxo de equilíbrio com melhoria de atividades de transformação, (11) benchmark.

A Indústria da Construção Civil (ICC) possui elementos que a tornam complexa, uma vez que seus produtos de caracterizam por um elevado número de partes, alto grau de incerteza e variabilidade (KOSKELA, 2000). Ao contrário das outras indústrias, a construção civil utiliza uma organização temporária para a execução de um produto único (KOSKELA, 1992; KOSKELA, 2000), no qual, o produto que está sendo transformado é estacionário e os recursos (materiais, informações, equipamentos e pessoas) movimentam-se (SLACK *et al.*, 2006). Além disso, a ICC envolve organizações compostas por empreiteiros independentes que não estão sob uma autoridade central (SACKS *et al.*, 2017) que trabalham simultaneamente em locais congestionados, o que acarreta em desperdícios que se manifestam no tempo de espera para as equipes, retrabalho, movimento desnecessário e manuseio de materiais, estoques não utilizados de espaços de trabalho e de materiais, entre outros (SACKS; RADOSAVLJEVIC; BARAK, 2010).

Em sua pesquisa, Vivan e Paliari (2021), alertam que os processos produtivos na ICC ainda são planejados e geridos por métodos determinísticos e desatualizados (métodos de planejamento baseados em atividades, como PERT, CPM, gráfico de Gantt, caminho crítico) e as atividades de fluxo e valor são sistematicamente ignoradas ou planejadas de forma ineficiente. Ainda segundo estes autores, devido ao contínuo crescimento da complexidade das empresas e a necessidade de redução de custos, as práticas de gerenciamento tradicionais estão se tornando cada vez mais inapropriadas.

Nas últimas décadas, temas como redução de desperdícios, melhoria nos processos e fluxo de informações têm sido abordados com o objetivo de melhorar a gestão da produção da construção. Entre os avanços discutidos no setor de construção, o *Lean*, emprestado do setor manufatureiro, vem sendo adaptado para o setor da construção (TEZEL *et al.*, 2020; GREENWOOD; JIE; ROGAGE, 2017).

Ballard e Howell (1994) destacam que o *Lean Construction* tem pelo menos dois focos que o distinguem da gestão da construção tradicional. Um dos focos é no desperdício e na redução do desperdício e o outro é no gerenciamento de fluxos e, para isso, coloca a gestão de sistemas e processos em destaque, junto com os processos de produção. Os objetivos do pensamento enxuto redefinem o desempenho buscando maximizar valor e minimizar desperdícios. As técnicas enxutas na indústria da construção usam de ferramentas para planejamento e controle operacional, abastecimento, gestão visual e melhoria contínua, focadas

em melhor atender as expectativas do cliente de forma a usar “menos de tudo” (SALEM *et al.*, 2006).

2.2.1 Implementação Estratégica do Lean Construction

Womack e Jones (2003) relataram casos em que gerentes de empresas implementaram o *Lean* com o objetivo de aumentar a margem de lucro e diminuir a quantidade de pessoas o máximo possível, simplesmente por acharem que o *Lean* é um novo modelo de negócios ou uma nova maneira de se competir mundialmente. Os autores alertam que estas empresas podem até economizar dinheiro no começo, mas não conseguirão manter o *Lean*. Para estes autores é necessário, primeiramente, modificar a maneira de pensar e administrar o negócio ao invés de buscar resolver os problemas desesperadamente.

Bhasin e Burcher (2006) defendem que o *Lean* seja enxergado como uma filosofia, uma vez que quanto mais pessoas acreditam em uma crença, mais melhorias são possíveis, o que facilita o processo de implementação. Ainda segundo os referidos autores, é importante introduzir uma certa cultura entre os funcionários a fim de que as empresas não se limitem a implementar algumas ferramentas, mas que, além da manufatura, outros subsistemas adotem o *Lean* para colher todos os benefícios. Ou seja, o *Lean* não pode ser encarado como uma tática para se alcançar um resultado final, mas como uma jornada ou como uma mentalidade que governa a forma como alguém olha seu negócio (BHASIN; BURCHER, 2006).

Para ilustrar o que foi citado acima, Pekuri et al. (2012) encontraram, através de entrevistas semiestruturadas, os pilares para uma implementação bem sucedida do *Lean* em empresas de construção, segundo os especialistas entrevistados. De acordo com os resultados deste estudo, os pilares são: construção de confiança, motivação, garantia de habilidades e competência, desenvolvimento e seleção das pessoas certas e liderança. Ou seja, conceitos maiores, como princípios e práticas, é que determinam o sucesso da implementação, aliados a itens específicos, como as ferramentas.

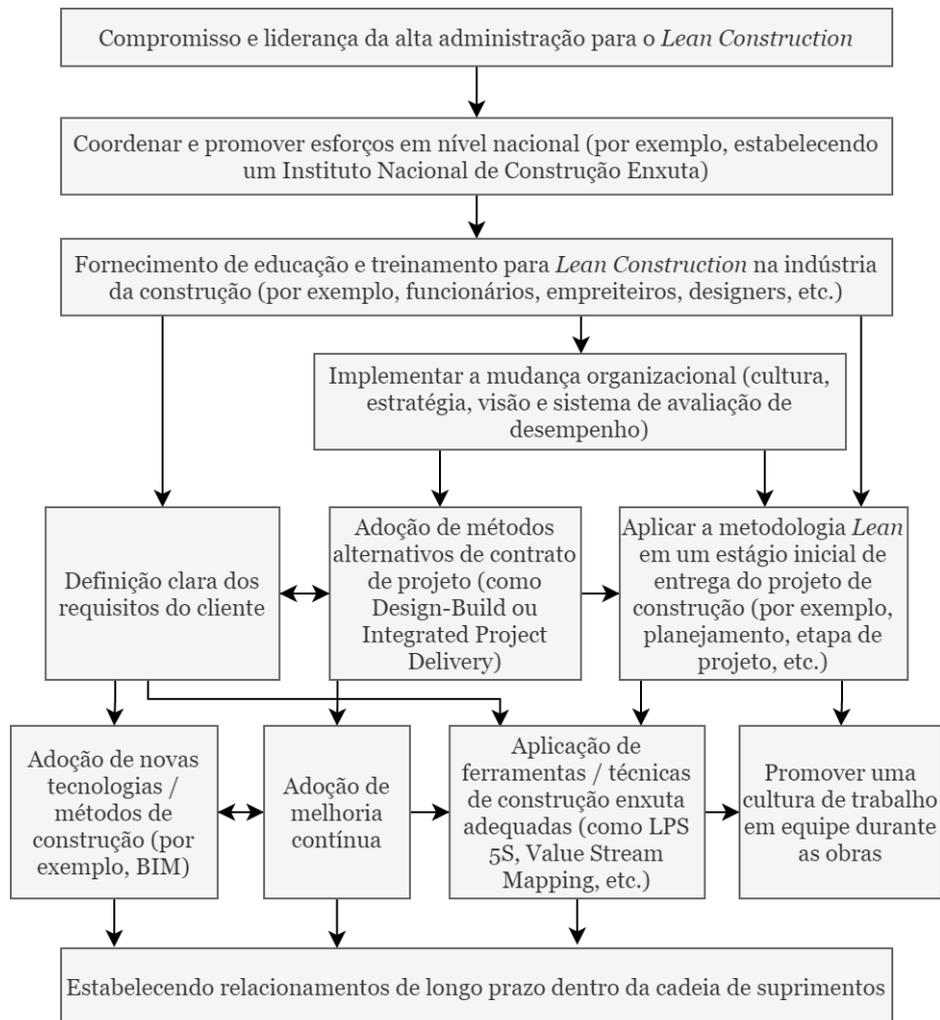
De acordo com Barros Neto (2002), muitas pesquisas sobre *Lean Construction* focam em apenas um ou alguns princípios e que este procedimento pode atrapalhar a compreensão da integralidade e de onde se pretende chegar, e, portanto, corre-se o risco de que um alto investimento na implementação não traga o efeito desejado. Por este motivo, Barros Neto (2002) defende que a abordagem estratégica na implementação do *Lean*, por meio da

definição de objetivos de longo prazo, pode auxiliar no planejamento coerente com as necessidades da empresa.

A maioria das empresas de construção costumam traçar os seus objetivos estratégicos a partir de suas experiências do passado (padrão). Isto pode ter como consequência uma estratégia que não enxerga o todo, uma vez que não considera inovações e mudanças na forma de planejar o futuro. Além disso, as empresas devem avaliar o que o mercado em que ela está inserida exige (flexibilidade sobre o preço ou a velocidade sobre a qualidade, por exemplo) para que possa decidir se e como o *Lean* deve ser implementado (BARROS NETO, 2002).

Sarhan et al. (2020), por exemplo, propuseram um modelo de implementação *Lean* para empresas de construção da Arábia Saudita (Figura 4).

Figura 4 - Modelo de Implementação de *Lean Construction*



Fonte: Adaptado de Sarhan et al. (2020)

Os autores elencaram os fatores importantes para se alcançar uma implementação bem-sucedida, a sequência de implementação e a relação entre os fatores. Como pode ser visto na Figura 4, o item “implementar mudança organizacional (cultura, estratégia, visão e sistema de avaliação de desempenho)” vem antes da “aplicação de ferramentas e técnicas de *Lean Construction*”. O que mostra, mais uma vez, que a mudança organizacional deve ser pensada antes da implementação a nível operacional.

Miranda Filho, Heineck e Costa (2011) atentaram que a falta entendimento para a maior parte dos gestores de construtoras de que um sistema de produção bem-sucedido é resultado de muitos ajustes no conteúdo da estratégia de produção. Mourão et al. (2021) lembram que o desenvolvimento de sistemas de produção se concentrou, por muito tempo, em decisões estruturais, como capacidade de recursos, instalações, equipamentos e tecnologia. Porém, estes autores ratificam que as melhores práticas emergem principalmente da combinação de fatores contextuais e de infraestrutura que afetam a cultura organizacional, o controle de qualidade e a gestão de força de trabalho, entre outros.

2.3 BIM

Schimanski et al. (2020) definiram o BIM (*Building Information Modeling* – Modelagem de Informações da Construção) como uma representação digital dos aspectos importantes do edifício construído, a partir de informações inseridas de forma colaborativa ao longo do projeto. Para os autores, essa definição destaca três conceitos que fundamentam e caracterizam o BIM: (1) BIM é um modelo digital enriquecido com dados e informações que são modificadas ao longo do ciclo de vida de um edifício, infraestrutura ou instalação; (2) BIM é um processo, ou seja, uma rede de atividades que gerenciam as informações incluídas no modelo, a fim de utilizá-las de maneira benéfica; (3) BIM impõe colaboração para que os modelos estejam sempre atualizados e utilizáveis, ou seja, todos os operadores devem colaborar durante o processo de acordo com certas regras.

Segundo Succar e Kassem (2015), BIM é “a expressão atual da inovação da indústria da construção civil, um conjunto de tecnologias, processos e políticas, que afeta as entregas, relacionamentos e papéis do setor”. Já Sacks et al. (2021) definem BIM como “uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção.”

Ainda segundo Sacks *et al.* (2021), o BIM pode ser entendido como uma série de etapas que estão levando o setor da construção civil à era digital. Corroborando com estes autores, Schimanski, Pasetti Monizza *et al.* (2020) afirmam que o BIM pode ser considerado o início da indústria 4.0 na construção e, portanto, uma das chaves para aumentar a sua produtividade.

A Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) trouxe na sua coletânea “Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras”, algumas definições de BIM, dentre elas (CBIC, 2016):

BIM é um conjunto de políticas, processos e tecnologias que, combinados, geram uma metodologia para gerenciar o processo de projetar uma edificação ou instalação e ensaiar seu desempenho, gerenciar as suas informações e dados, utilizando plataformas digitais (baseadas em objetos virtuais), através de todo seu ciclo de vida.

De acordo com Rodriguez *et al.* (2021), a literatura não é totalmente clara sobre as diferenças entre *Virtual Design and Construction* (VDC) e BIM. Para Kunz e Fischer (2011), VDC compreende “o uso de modelos de desempenho multidisciplinar integrados de construção de projetos para apoiar objetivos explícitos e públicos de negócios” (KUNZ; FISCHER, 2011 *apud* RODRIGUEZ *et al.*, 2021), já o BIM é um produto do VDC, ou seja, um modelo virtual que representa a realidade física. Para os autores, o VDC é composto por Produto, Organização e Processo e o BIM estaria restrito a dimensão de produto. Fosse, Ballard e Fischer (2017) também falam que algumas definições tratam do BIM como um produto digital e outras como um processo de construir o modelo e utilizá-lo de forma colaborativa.

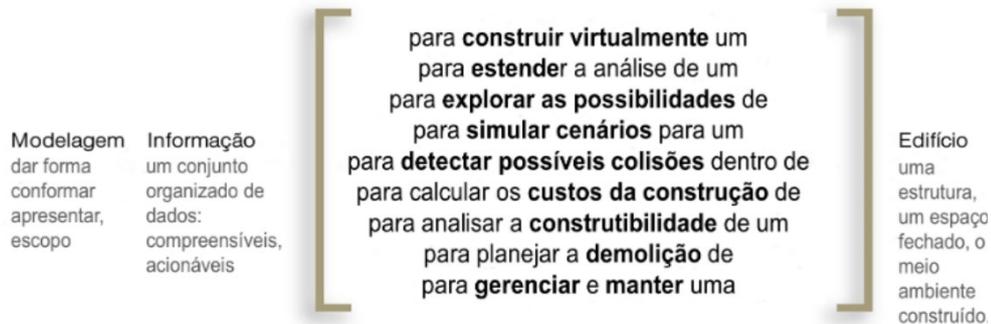
Porém, na prática, ambos os termos, VDC e BIM, têm sido utilizados com uma definição mais ampla (MANDUJANO, 2016), por este motivo, para o presente trabalho será utilizado o termo BIM como equivalente a VDC para simplificar a compreensão do texto.

Como se pode ver, o BIM possui diversas definições e, na maioria delas, os autores procuram mostrar a sua multidisciplinaridade. Ou seja, o BIM não é uma ferramenta melhorada, mas um processo aprimorado que tem, como um dos objetivos, a facilitação da comunicação entre participantes de todos os níveis (MANDUJANO, 2016). Como a CBIC (2016) também afirma, o BIM “possibilita a modelagem, o armazenamento, a troca, a consolidação e o fácil acesso aos vários grupos de informações sobre uma edificação ou instalação que se deseja construir, usar ou manter.”

Em seu trabalho, Succar (2009) explicou que existiam muitos termos que nomeavam o que hoje se conhece como BIM e o autor esclarece que é importante haver um

framework conceitual para organizar o conhecimento do domínio do BIM, para que as partes interessadas possam compreender as estruturas de conhecimento que o envolvem e saibam os requisitos de implementação do BIM. O referido autor selecionou diferentes conotações de BIM empregadas na literatura, apresentada na Figura 5, a seguir.

Figura 5 - Conotações BIM

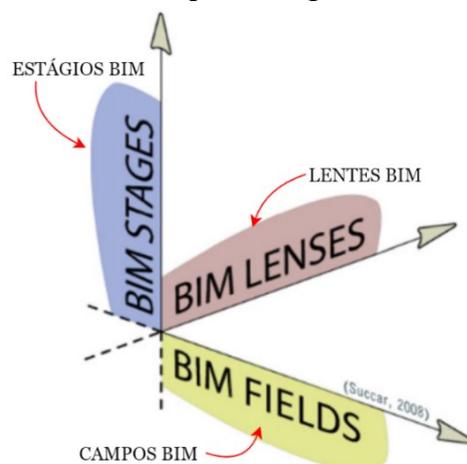


Fonte: Boes (2019) adaptado de Succar (2009)

No framework concebido por Succar (2009), o BIM é mostrado como uma estrutura multidimensional e pode ser apresentada como um modelo de conhecimento tri-axial (Figura 6), no qual:

- Campos de atividade BIM (eixo x): identifica os participantes de cada domínio, seus requisitos e seus entregáveis (produtos);
- Estágios BIM (eixo y): delimita os estágios de maturidade BIM;
- Lentes BIM (eixo z): fornece profundidade e amplitude de pesquisa para identificar, avaliar e qualificar Campos e Estágios BIM.

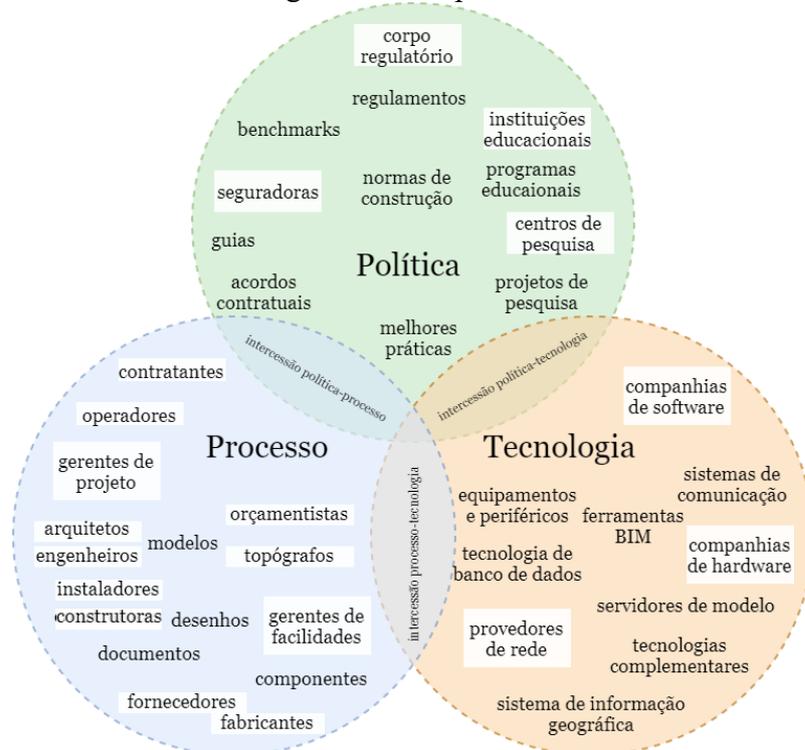
Figura 6 - Estrutura BIM: Campos, Estágios e Lentes - modelo triaxial



Fonte: adaptado de Succar (2009)

Os campos de atividade BIM podem ser divididos em três campos interligados: Tecnologia, Processos e Política, como mostrado na Figura 7. Succar (2009) explica o que abrange cada um desses grupos. O campo de Tecnologia BIM agrupa os atores especializados no desenvolvimento de softwares, hardwares, equipamentos e sistemas de rede necessários para atingir o objetivo de aumentar a produtividade, eficiência e lucratividade dos setores AECO. Este grupo inclui organizações que desenvolvem soluções diretas ou indiretas para todas as fases do ciclo de vida da edificação, ou seja, projeto, construção e operação (SUCCAR, 2009).

Figura 7 - Campos BIM



Fonte: adaptado de Succar (2009)

Mandujano (2016) alerta que, apesar da tecnologia ser necessária para se empregar o BIM, para otimizá-la é necessário implantar o processo (série de atividades necessárias para alcançar um objetivo). No gerenciamento de obras, a tecnologia tem sido implantada de forma isolada, porém para o BIM é preciso que a tecnologia seja utilizada de forma colaborativa, para que as partes interessadas tenham acesso ao mesmo projeto, custo e cronograma ao mesmo tempo.

Desta forma, o campo de Processos BIM abrange o grupo que trabalha mais diretamente na indústria AECO, que projetam, constroem, fabricam, usam, gerenciam e

mantêm as estruturas. Isto é, são os arquitetos, engenheiros, empreiteiros e demais envolvidos na propriedade, entrega e operação dos edifícios (SUCCAR, 2009).

O campo da Política BIM engloba os profissionais e organizações dedicados a preparação de profissionais, a entrega de pesquisas, minimização de conflitos, alocação de riscos e distribuição de benefícios. São as organizações especializadas – como centros de pesquisa, instituições educacionais ou órgãos reguladores – que possuem em seu escopo os objetivos de preparação, regulação e contratual nos processos de projeto, construção e operação (SUCCAR, 2009).

Os campos BIM são divididos para melhor compreensão do assunto, porém os campos se sobrepõem e interagem entre si. Eles interagem quando, por exemplo, existe a transferência de conhecimento para satisfazer uma necessidade de um ou outro campo. E se sobrepõem quando existe o compartilhamento de profissionais entre os campos, por exemplo, no desenvolvimento e aplicação de um IFC, são necessários esforços de profissionais de tecnologia – para desenvolvimento de softwares - e de política – pesquisadores e formadores de diretrizes (SUCCAR, 2009).

Já os estágios BIM, podem ser compreendidos como a evolução pré-BIM (estágio em que a empresa está prestes a implementar o BIM) até o IPD (*Integrated Project Delivery*), conforme Figura 8.

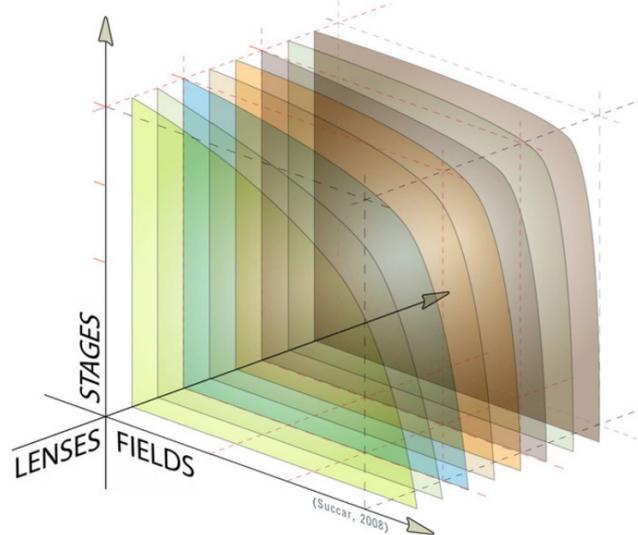
Figura 8 - Maturidade BIM dividida em 3 estágios – visão linear



Succar (2009) explica que os estágios de maturidade BIM são marcados por mudanças radicais e são compostos por passos com evoluções incrementais.

As lentes BIM são a terceira dimensão da estrutura BIM e representam as distintas camadas de análise sob as quais os campos e os estágios podem ser analisados (Figura 9), para gerar as visualizações de conhecimento. As lentes servem para abstrair o domínio do BIM e controlar sua complexidade, a fim de que o pesquisador se concentre no que deseja observar.

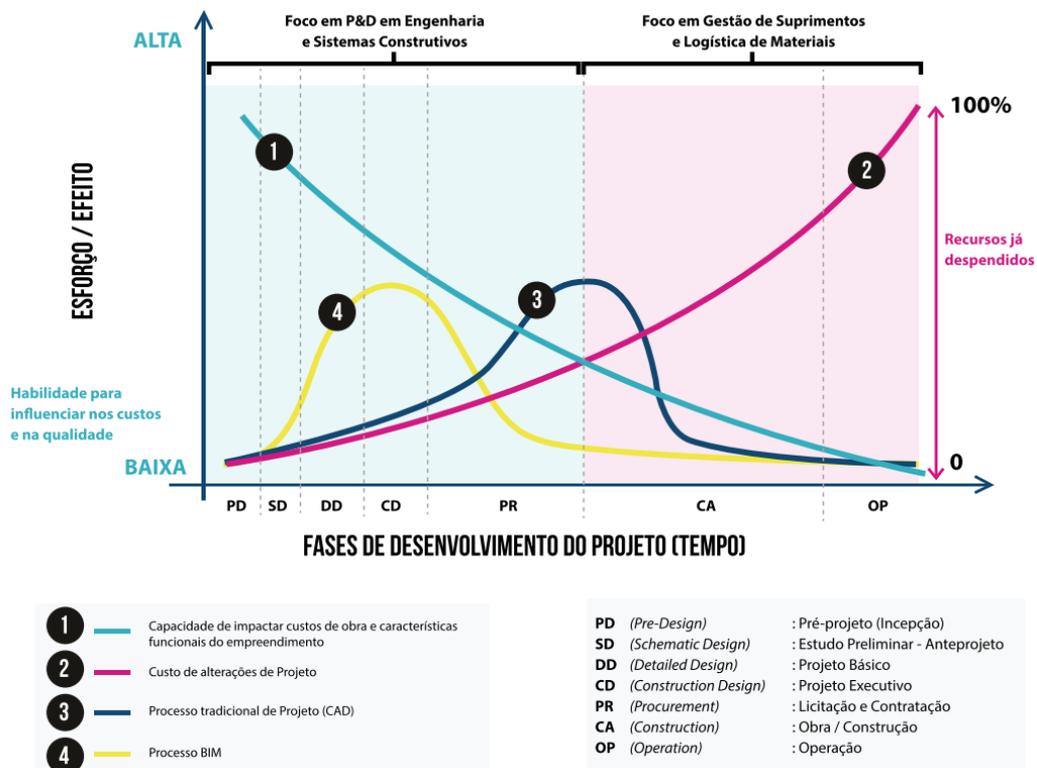
Figura 9 - Lentes BIM - modelo triaxial



Fonte: Succar (2009)

Para demonstrar a mudança na capacidade de influenciar os custos e a qualidade em um dado empreendimento no decorrer das fases do projeto de uma organização que decida migrar do CAD para BIM, a CBIC (2016) traz o gráfico abaixo (Figura 10).

Figura 10 - Comparativo entre o processo tradicional de desenvolvimento de projetos (CAD) e o processo BIM



Fonte: CBIC (2016)

Na Figura 10 é possível inferir que (CBIC, 2016):

- A capacidade de impactar custos de obra e características funcionais do empreendimento reduz de acordo com o progresso dos estágios da obra;
- Quanto mais avançada for a etapa da obra, maiores são os custos relacionados a mudança de projetos e especificações.

A parte azul, mais à esquerda do gráfico, representa as fases anteriores à obra, nas quais estão as maiores e mais significativas oportunidades de se obter redução de custos e racionalizações. Após o início das obras (fundo rosa), a situação ideal é de que os projetos estejam bem definidos, incluindo especificações e método construtivo. Desta forma, os esforços poderiam se concentrar na gestão de suprimentos e demais recursos logísticos (CBIC, 2016).

Porém, com o desenvolvimento do projeto em CAD, muitas decisões importantes e detalhes construtivos são decididos somente na fase de contratação ou construção, o que acarreta em custos mais elevados, uma vez que quanto mais avançada a fase da obra, menos mudanças são possíveis e maiores são os custos associados às alterações realizadas. Já com a utilização do BIM, os processos de tomadas de decisão tanto dos detalhes construtivos como também dos métodos construtivos empregados são acelerados, por isso a curva que representa o desenvolvimento do projeto em BIM fica mais deslocada para as etapas mais prematuras (CBIC, 2016).

2.3.1 Implementação Estratégica do BIM

De acordo com Sacks *et al.* (2021), os proprietários e administradores de edificações podem obter como benefícios da implementação BIM: o aumento do desempenho e da sustentabilidade, redução do risco financeiro, redução do cronograma, garantia da conformidade do programa de necessidades, otimização da administração e manutenção e apoio do modelo BIM durante todo o ciclo de vida da edificação.

Além destes benefícios, Sacks *et al.* (2021) ainda cita o apoio que o BIM pode fornecer para práticas de *Lean Construction*, uma vez que o BIM foca também na geração de valor para os proprietários através de por exemplo, do *target value design* e do IPD.

Porém, Sacks, Gurevich e Shrestha (2016) chamam a atenção para uma perspectiva importante, de que benefícios como redução do retrabalho na construção, aumento do valor do edifício através de simulações de desempenho e maior produtividade devido à melhor

comunicação entre projetistas e construtor, somente serão alcançados se existir colaboração entre fronteiras organizacionais e que a adoção individual de profissionais e a utilização de ferramentas BIM (sem a adoção de protocolos de implementação) não são suficientes, e, portanto, há necessidade de implementação guiada e sistêmica.

Ao tratar sobre implementação de BIM, Succar e Kassem (2015) diferenciam implementação BIM de difusão BIM. Para estes autores, implementação se refere a utilização bem-sucedida de ferramentas e fluxos de trabalho BIM em uma organização, isto é, para preparar, implantar ou melhorar suas entregas (produto) e seus fluxos de trabalho (processos). E difusão é a utilização de ferramentas e fluxos de trabalho BIM em todos os mercados.

A implementação BIM definida por Succar e Kassem (2015) possui três fases, separadas em: prontidão da empresa para adotar o BIM, sua capacidade de execução e a maturidade de desempenho, como mostrado a seguir (SUCCAR; KASSEM, 2015):

- Prontidão BIM ou pré-implementação: é a primeira fase e compreende as atividades de planejamento e preparação que antecedem a implementação. É expressa como nível de preparação, potencial para participar ou capacidade de inovar;
- Capacidade BIM: é a implementação de ferramentas, fluxos de trabalho e protocolos BIM de forma intencional. É definida por estágios bem definidos (modelagem baseada em objeto, colaboração baseada em modelo e integração baseada em rede). Esta fase se relaciona com muitos tópicos de tecnologia, processos e tecnologia (Figura 7) e é expressa como a competência mínima de uma organização de entregar um resultado mensurável;
- Maturidade BIM: é a melhoria contínua e gradual na qualidade, repetibilidade e previsibilidade das suas entregas dentro das habilidades disponíveis. Existem cinco níveis de maturidade: (a) Ad-hoc ou maturidade baixa; (b) Vencimento definido ou médio-baixo; (c) Vencimento administrado ou médio; (d) Maturidade integrada ou médio-alto e (e) Maturidade otimizada ou alta.

Brito, Ferreira e Costa (2021) investigaram quais os fatores críticos de sucesso para implementação BIM em instituições públicas brasileiras, uma vez que o setor público desempenha um papel fundamental na indução e incentivo na difusão do BIM na indústria e o Brasil é um país com baixo nível de maturidade de implementação BIM. A pesquisa destes autores foge do escopo do presente trabalho, porém os fatores críticos de sucesso descobertos

não se restringem às instituições públicas, mas influenciam toda a indústria AECO e podem, até certo ponto, serem extrapolados para empresas privadas. Os dez fatores que mais influenciam o sucesso da implementação BIM, segundo Brito, Ferreira e Costa (2021) são apresentados no Quadro 1:

Quadro 1 - Fatores Críticos de Sucesso para Implementação BIM em instituições públicas brasileiras

Ranking	Fator Crítico de Sucesso	Campo
1.	Envolvimento adequado da equipe	Processo
2.	Interoperabilidade na troca de informações relevantes	Tecnologia
3.	Fluxo de processo colaborativo entre as partes interessadas	Processo
4.	Política de adoção de organização eficaz	Política
5.	Cultura organizacional favorável	Processo
6.	Método de entrega de projeto adequado	Política
7.	Requisitos e diretrizes para recebimento de entrega	Política
8.	Utilidade percebida e facilidade de uso	Política
9.	Disponibilidade de infraestrutura tecnológica	Tecnologia
10.	Requisitos de clientes e proprietários	Política

Fonte: adaptado de Brito, Ferreira e Costa (2021)

Observa-se, a partir do Quadro 1, que existem muitos fatores que se relacionam com mudanças organizacionais em empresas tradicionais (como fluxo de processo colaborativo, política de adoção eficaz, cultura organizacional favorável) e se tratam de aspectos que levam bastante tempo para serem transformados dentro das empresas. Ou seja, para que esses fatores funcionem de forma a ajudar na implementação do BIM, é necessário que a empresa trace objetivos de longo prazo que não envolvam somente o uso de softwares BIM, mas é necessário que a cultura e a política empresarial sirvam de suporte para um ambiente favorável à implementação BIM.

Sacks, Gurevich e Shrestha (2016) corroboram com isso ao afirmar que a adoção do BIM é complexa e que é necessário a elaboração de uma estratégia que leve em consideração a maturidade organizacional, a capacidade do setor, regulamentos regionais e nacionais, educação, aquisição de softwares e hardwares, novas formas de contratação e muito mais.

2.4 Sinergia entre *Lean* e BIM

Apesar de atualmente o BIM e o *Lean Construction* serem usados separadamente como principais enfoques para aumentar a produtividade geral e a eficiência da indústria AECO, (HEIGERMOSER et al., 2019), diante dos efeitos benéficos prometidos por esses conceitos alguns pesquisadores foram levados a considerar a possibilidade de sinergias entre eles. Greenwood, Jie e Rogage (2017), afirmam que os benefícios máximos podem ser obtidos pela implementação simultânea de ambos.

Para demonstrar os ganhos trazidos pelo uso simultâneo de *Lean* e BIM pode-se tomar como exemplo a pesquisa de Toledo, Olivares e González (2016), na qual, apesar de seu uso simultâneo não possuir uma metodologia de integração definida, os autores concluíram que vários ganhos foram percebidos como: reuniões de curto prazo mais curtas, maior engajamento da equipe de trabalho e foi alcançado um PPC mais elevado e com menor variabilidade. Além disso, como o modelo e o plano de curto prazo eram compartilhados com os últimos planejadores, as solicitações de informações de projeto ao longo da semana foram menores.

Sacks *et al.* (2010) analisam que embora BIM e *Lean* sejam conceitos independentes e separados (ou seja, as práticas de *Lean Construction* podem ser adotadas sem BIM, e vice-versa) parece haver entre eles uma sinergia que vai além do seu desenvolvimento e uso na contemporaneidade. Em sua pesquisa, Dave, Boddy e Koskela (2011) notaram que as interações/sinergias entre o *Lean* e o BIM são encontradas em todo o ciclo de vida do projeto, e algumas interações são especialmente fortes durante a fase de construção. Isso demonstra claramente um potencial para desenvolver um sistema que integre o modelo de processo do *Lean* com o rico modelo de informações do produto oferecido pelo BIM.

Ao analisar as sinergias existentes entre BIM e *Lean*, Sacks *et al.* (2010) concluíram que mesmo que a utilização dos princípios *Lean* já tragam benefícios para a obra, a amplitude e a profundidade das interconexões entre os princípios implicam que qualquer empresa ou projeto em uma jornada *Lean* deve considerar seriamente o uso do BIM para aprimorar os resultados *Lean*. Por outro lado, qualquer empresa ou projeto que implementa o BIM deve garantir que seu processo de adoção / mudança esteja contribuindo ao máximo para tornar seus processos mais enxutos.

De acordo com Sacks *et al.* (2021), o BIM auxilia na identificação das atividades que possuem todas as suas pré-condições satisfeitas e, portanto, já estão prontas para começar.

Isso minimiza o desperdício dos esforços, melhora o processo de trabalho e reduz a necessidade de estoques de materiais. Além disso, como o BIM fornece um modelo preciso do projeto e dos recursos requeridos em cada fase da construção, ele proporciona a melhoria no planejamento e no cronograma de subempreiteiros e auxilia na chegada de pessoas, materiais e equipamentos no momento de sua necessidade (*just-in-time*) (SACKS *et al.*, 2021).

Nos últimos anos, o número de pesquisadores que buscam conhecer a sinergia entre *Lean* e BIM vem aumentando (BATAGLIN *et al.*, 2020; DAVE; BODDY; KOSKELA, 2013; HERRERA *et al.*, 2021; MCHUGH; DAVE; CRAIG, 2019; MELLADO; LOU, 2020; OSKOUIE *et al.*, 2012; RODRIGUEZ *et al.*, 2021; SCHIMANSKI *et al.*, 2019; TEZEL *et al.*, 2020). Hamdi e Leite (2012) destacam a combinação de *Lean* e BIM definida por um engenheiro BIM: “Ao combinar as práticas BIM e *Lean*, você realmente cria um ambiente colaborativo que pode realmente minimizar o desperdício, tanto os tangíveis quanto os intangíveis, em um projeto de construção”.

A integração de *Lean* e BIM é capaz de trazer diversos benefícios como segurança do trabalhador, maior produtividade da equipe, comunicação, minimização de resíduos, satisfação do cliente, melhor dinâmica da equipe, qualidade da construção e melhor gestão de riscos (SINGHAL; AHUJA, 2018). Para Ma *et al.* (2018), o principal efeito que o BIM tem para o *Lean* é que ele integra o projeto e a construção, melhora o valor da informação e, ao reestruturar o fluxo de trabalho do edifício, elimina o desperdício trazido pela segmentação no processo de projeto e construção.

Al Hattab e Hamzeh (2015) defendem que BIM e *Lean* são práticas sinérgicas, uma vez que o BIM simplifica a troca de informações, permite o gerenciamento em tempo real, e melhora a tomada de decisão entre as equipes de projeto. Para estes autores, ao se compreender os benefícios do BIM e das interações com o *Lean*, os erros de projeto podem ser melhor combatidos na tentativa de reduzir suas incidências e disseminação. Dave, Boddy e Koskela (2011) observaram que cada funcionalidade BIM oferece suporte a vários princípios *Lean* e vice-versa, e estes presumivelmente têm um efeito sinérgico. Herrera *et al.* (2021) concluíram que quanto maior a proporção de usos de BIM em um projeto mais ele tenderá a aplicar uma proporção maior de práticas *Lean* no gerenciamento. Entretanto, essa relação ao contrário não é tão clara.

De acordo com Khan e Tzortzopoulos (2014), a visualização 3D do empreendimento e a geração rápida de alternativas de projeto nas reuniões de planejamento semanal (*weekly work plan*) dentro do método de planejamento de produção conhecido por *Last*

Planner System (LPS) podem reduzir os tempos de ciclo e reduzir a variabilidade da produção ao facilitar a tomada de decisões e avaliar os impactos de decisões nos processos a jusante, além de melhorar a comunicação entre as partes interessadas.

O BIM simplifica a troca de informações, permite o gerenciamento em tempo real, e melhora a tomada de decisão entre as equipes de projeto. Ao compreender os benefícios do BIM e das interações enxutas, os erros de projeto podem ser melhor combatidos na tentativa de reduzir suas incidências e disseminação (AL HATTAB; HAMZEH, 2015). O estudo de caso de (ELDEEP; FARAG; EL-HAFEZ, 2022) demonstrou que o BIM pode detectar erros, omissões e confrontos entre projetos, o que ajudou a reduzir o desperdício e tornar os processos de construção mais lineares.

Para (MICHALSKI; GLODZINSKI; BODE, 2022), *Lean* e BIM podem ser integrados porque ambos apoiam a eficiência, produtividade e sustentabilidade. O *Lean* fornece princípios para organização de trabalho e o BIM fornece uma plataforma de TIC que apoia o fluxo de informação entre as partes interessadas (MICHALSKI; GLODZINSKI; BODE, 2022). Ao se utilizar o BIM, a cultura *Lean* fica mais evidente, pois os participantes do projeto focam na entrega de valor uns aos outros, medem e controlam o desempenho da equipe e melhoram de forma contínua os processos, ferramentas e métodos (FOSSE; BALLARD; FISCHER, 2017).

Dave (2013) lembra que, ao realizar o *clash detection* virtualmente, uma quantidade significativa de tempo e dinheiro que de outra forma seria desperdiçada em retrabalho ou atrasos é economizada. Este autor também argumenta que, com um produto mais bem projetado, se atinge a qualidade certa na primeira vez, o que reduz o desperdício e a variabilidade do produto, melhora o fluxo e incerteza na produção o que leva a redução no tempo geral de construção.

Oskouie *et al.* (2012) expandiram a matriz original de Sacks *et al.* (2010) com o objetivo de incluir as fases de pós-construção e as práticas de gerenciamento de instalações. Já Schimanski *et al.* (2020) reduziram a matriz original para as interações que se correlacionam direta ou indiretamente ao planejamento e controle da produção e ao LPS. Além disso, Schimanski *et al.* (2020) incluíram novas interações devido a novas funcionalidades BIM desenvolvidas na última década.

Os resultados da pesquisa de (BAYHAN *et al.*, 2021) indicam um melhor controle de produção graças à interação entre *Lean* e BIM, além de redução substancial do retrabalho e da ineficiência, diminuição do custo global. Outrossim, ajuda a alcançar a padronização e tem

o potencial de estabelecer uma comunicação contínua e coordenada, o que leva a um fluxo melhorado.

Dave, Boddy e Koskela (2013) desenvolveram um estudo no qual alguns aspectos-chave apoiavam fortemente a noção de que o *Lean Construction* e o BIM não são apenas sinérgicos, mas que a sinergia acontece em todo o ciclo de vida do projeto e não apenas nas atividades de *design*. Durante este estudo, foi descoberto que três princípios *Lean* tiveram mais interações com as funções BIM (ou seja, eles são mais bem suportados pelo BIM):

- i. Redução de desperdício obtendo a qualidade certa na primeira vez (por meio de um produto melhor projetado, reduzindo a variabilidade do produto, ou seja, mudanças durante os estágios posteriores de design);
- ii. Melhorar o fluxo e reduzir a incerteza da produção, que leva a:
- iii. Redução no tempo geral de construção.

2.4.1 Implementação Estratégica de Lean Construction e BIM

Apesar dos avanços nas pesquisas sobre sinergia BIM e *Lean*, pesquisas sobre os processos e componentes organizacionais da implementação conjunta de BIM e *Lean* estão sendo deixados de lado, e cabe lembrar que o BIM abrange todo um conjunto de componentes estratégicos essenciais para o funcionamento de qualquer organização: pessoas, processos e tecnologia, (MANDUJANO, 2016). O alinhamento destes componentes estratégicos é crucial para alcançar os benefícios máximos oferecidos pelo BIM (ARAYICI *et al.*, 2011).

A implementação do BIM e do *Lean* vão muito além do que o uso de novos softwares e ferramentas de trabalho, mas é uma nova forma de trabalhar. É necessário, como falam Rodriguez *et al.* (2021), um afastamento do fluxo de trabalho tradicional, com o compartilhamento de informações entre as partes. De acordo com Rodriguez *et al.* (2021), o BIM e o *Lean* possuem três componentes: produto, organização e processos; e que é necessário realizar a implementação de BIM e *Lean* nesses três componentes, considerando a cultura, a filosofia e a tecnologia em conjunto.

O BIM possui um alto componente tecnológico, entretanto, a sua implementação apresenta desafios do ponto de vista das pessoas e dos processos organizacionais, uma vez que requer muitas mudanças de processo e uma maior comunicação da equipe. Por outro lado, o *Lean* é baseado na teoria da produção e é focado nas pessoas e nos processos. Portanto, o BIM e o *Lean* podem se complementar para uma melhor eficiência do projeto (HERRERA *et al.*, 2021).

Sacks *et al.* (2010) sugerem que, devido ao alto grau de interações entre BIM e *Lean*, a adoção paralela deve ocorrer em pequenos passos, definindo cuidadosamente uma estratégia gerenciável e com avanços incrementais para aproveitar ainda mais as interações positivas entre as duas iniciativas. Além disso, os referidos autores esclarecem que as mudanças nos processos de informação e material, as ferramentas BIM e os princípios *Lean* devem estar enraizados na compreensão conceitual da teoria da produção da construção.

Como Mandujano (2016) esclarece, o efeito potencial da implementação conjunta de BIM e *Lean* é maior do que a soma de suas peças, ou seja, maior do que a implementação individual de cada um deles, o que, conseqüentemente, melhora o desempenho do projeto. Esta autora ainda lembra que, para alcançar um potencial maior, é necessário considerar a cultura, a filosofia e a tecnologia em conjunto. Para Koseoglu, Sakin e Arayici (2018), o BIM tem um papel estratégico para acelerar as eficiências do *Lean*.

Apesar dos diversos autores citados acima apontarem para a importância da implementação conjunta entre *Lean* e BIM, focando não somente em ferramentas, mas também em processos e tecnologias, nenhum deles propôs um modelo de implementação estratégica de *Lean* e BIM para empresas.

Schimanski *et al.* (2019), por exemplo, elaboraram um modelo conceitual de implementação *Lean* e BIM e o chamaram de BeaM!. Porém, este modelo foca na implementação integrada entre o modelo BIM e o *Last Planner System* (LPS), ou seja, os autores propuseram a integração entre o modelo BIM e uma ferramenta *Lean*.

Já Mandujano (2016) elaborou um modelo conceitual de implementação BIM, analisando o BIM como uma composição de Produtos, Processos e Tecnologia. Porém, a autora utilizou o *Lean* apenas como moderador para a implementação do BIM, ou seja, a implementação *Lean* não foi vista como objetivo principal (simultaneamente a implementação BIM), mas como facilitador para a implementação do BIM.

A partir de sua pesquisa Osorio-Gomez et al. (2020) chegaram à conclusão de que a implantação de *Lean* e BIM traz transformações positivas na cadeia de valor da empresa e que tal implementação, olhada do ponto de vista estratégico, afeta todos os departamentos e processos de construção, incluindo desde de aperfeiçoamento de processo até a otimização da estrutura organizacional da empresa. Ademais, (OSORIO-GOMEZ *et al.*, 2020) consideram que otimizar a cadeia de valor através da implementação de *Lean* e BIM é um elemento de diferenciação fundamental que constituirá uma vantagem competitiva entre os concorrentes e melhorará a percepção com o cliente.

Os trabalhos citados acima são bons exemplos de como a sinergia existente entre *Lean* e BIM pode fornecer bons resultados e podem demonstrar como este é um tema que demanda vários tipos de pesquisas. Porém, o escopo deste trabalho foca na implementação conjunta de BIM e *Lean* não como um sendo apenas apoio para o outro, mas como uma via de mão dupla, na qual a implementação dos dois traz benefícios para ambos. Assim como esta pesquisa não tem como objetivo a implementação de uma certa ferramenta *Lean* ou BIM, mas avaliar como se dá o processo de implementação e integração em um nível estratégico, ou seja, um planejamento de implementação de longo prazo.

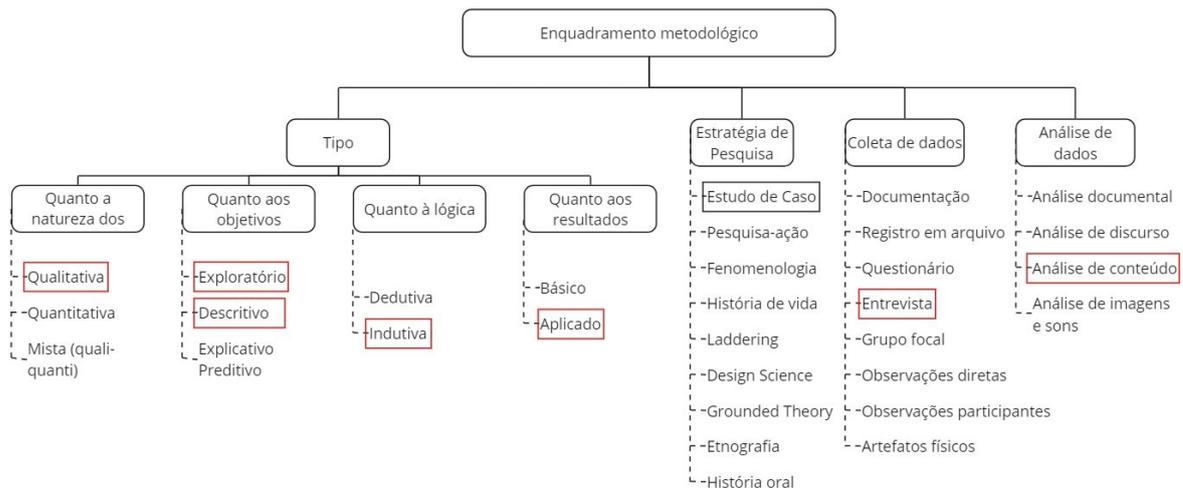
3 METÓDO DE PESQUISA

Esta seção apresenta o método de pesquisa adotado neste trabalho. Inicialmente será descrita a estratégia de pesquisa e justificção para escolha de tal estratégia, e, em seguida, o delineamento da pesquisa e a descrição das etapas para a execução deste trabalho.

3.1 Classificação da pesquisa

Esta pesquisa objetiva compreender como tem acontecido a sinergia entre BIM e *Lean Construction* em empresas de construção, portanto, tem-se a geração de um conhecimento útil que pode ser aplicado tanto nas empresas como no entendimento sobre sinergia entre *Lean Construction* e BIM. A Figura 11 mostra o enquadramento metodológico desta pesquisa e em seguida, as justificativas para cada classificação são apresentadas.

Figura 11 - Enquadramento metodológico



Fonte: Elaborado pela autora com base em Cândido (2015)

Quanto a natureza dos dados, pode-se afirmar que esta pesquisa é qualitativa, visto que tem como objetivo formular proposições teóricas acerca de experiências de empresas que poderão levar ao melhor entendimento sobre a sinergia *Lean Construction* e BIM e sobre as melhores práticas adotadas pelas empresas pesquisadas.

A pesquisa qualitativa visa obter significado profundo dos objetos de pesquisa e se apoia em dados não necessariamente mensuráveis, que podem ser texto, imagem, som ou até mesmo números, buscando extrair muitos significados do fenômeno (RICHARDSON, 2012).

Quanto aos objetivos, uma vez que esta pesquisa buscou, primeiramente, compreender como as empresas tem implementado o *Lean Construction* e o BIM e como elas

têm percebido a sinergia existente entre eles, pode-se classificar esta pesquisa como exploratória. Em um segundo momento, buscou-se identificar os benefícios trazidos pela integração de *Lean* e BIM para as empresas, portanto, esta pesquisa também se caracteriza como descritiva.

Creswell e Creswell (2014) afirmam que quando a pesquisa é qualitativa os dados são coletados no ambiente do participante e são analisados de forma indutiva, ou seja, conhecimentos gerais são construídos a partir de dados particulares e o pesquisador faz interpretações do significado dos dados. Portanto, esta pesquisa pode ser classificada como indutiva, uma vez que inferências serão deduzidas a partir de casos particulares.

Portanto, pode-se classificar esta pesquisa como aplicada, já que, após explorar como a implementação de *Lean Construction* e BIM estão sendo implementadas nas empresas estudadas e na literatura pertinente, boas práticas de implementação serão descritas, o que contribui para o conhecimento das próprias empresas como para o campo do conhecimento em apreço.

3.2 Estratégia de pesquisa

Conforme afirma Yin (2015), existem três condições que auxiliam na escolha de uma estratégia de pesquisa: (a) o tipo de questão proposta, (b) o controle que o pesquisador tem sobre os eventos comportamentais, e (c) o grau de enfoque sobre eventos contemporâneos (em vez dos eventos totalmente históricos). De acordo com as respostas para estas três condições (Quadro 2) é possível se escolher a estratégia de pesquisa.

Quadro 2 - Escolha da Estratégia de Pesquisa

Método	Forma da questão de pesquisa	Exige controle dos eventos comportamentais?	Enfoca eventos contemporâneos?
Experimento	como, por quê?	Sim	Sim
Levantamento (<i>survey</i>)	quem, o quê, onde, quantos, quanto?	Não	Sim
Análise de arquivos	quem, o quê, onde, quantos, quanto?	Não	Sim/Não
Pesquisa histórica	como, por quê?	Não	Não
Estudo de caso	como, por quê?	Não	Sim

Fonte: Yin (2015)

A estratégia de pesquisa escolhida foi estudo de caso, uma vez que a questão de pesquisa foi formulada com o “como”; a pesquisadora não possui controle dos eventos comportamentais; e a pesquisa tem foco em eventos contemporâneos. Além disso, como envolve um estudo profundo e exaustivo, o estudo de caso proporciona um grande alcance do objeto estudado e permite o amplo e detalhado conhecimento sobre o mesmo (YIN, 2015).

Segundo Yin (2015), o estudo de caso é:

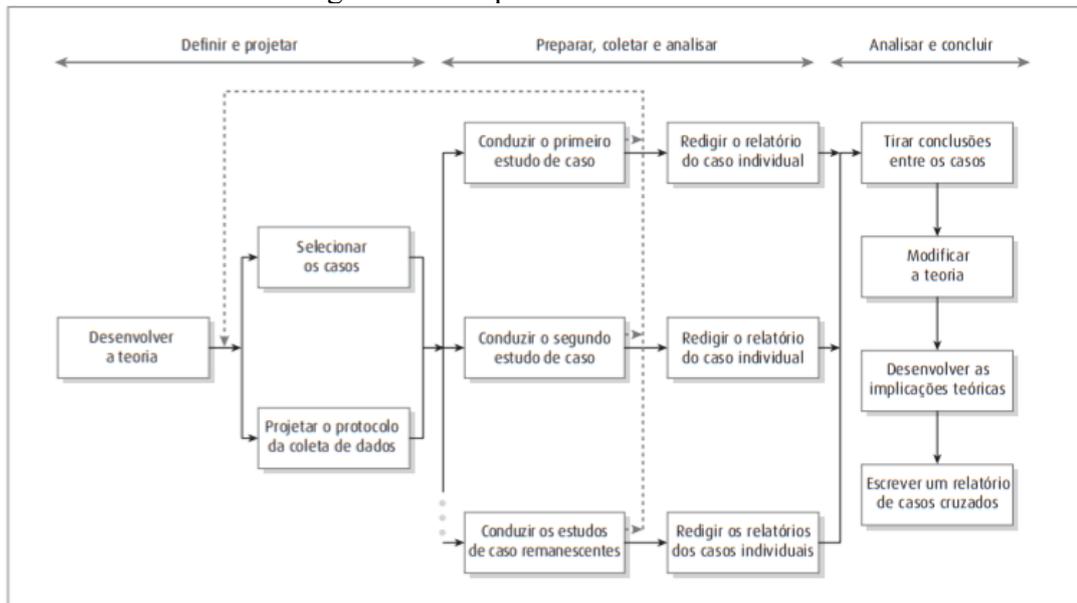
uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo (o “caso”) em profundidade e em seu contexto de mundo real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto puderem não ser claramente evidentes. [...] A investigação do estudo de caso enfrenta a situação tecnicamente diferenciada em que existirão muito mais variáveis de interesse do que pontos de dados, e, como resultado conta com múltiplas fontes de evidência, com os dados precisando convergir de maneira triangular, e como outro resultado beneficia-se do desenvolvimento anterior das proposições teóricas para orientar a coleta e a análise de dados. (YIN, 2015)

Desta forma, é possível perceber que o fenômeno investigado nesta pesquisa é contemporâneo, ou seja, se desenvolve ao mesmo tempo em que é pesquisado; é estudado em seu contexto no mundo real (empresas que estão implementando ou que já implementaram *Lean* e/ou BIM) e existem muitas variáveis que podem influenciar o fenômeno (maturidade das empresas, modo de implementação, filosofia de gestão, etc.) do que pontos de dados (empresas que já implementaram tanto BIM como *Lean* e que buscam a integração entre eles, no Brasil, e que estejam dispostas a compartilhar as suas experiências). Ademais, dentro deste contexto, buscou-se chegar em uma convergência de dados a fim de se desenvolver proposições teóricas através das análises dos dados.

3.3 Delineamento da pesquisa

O delineamento da pesquisa foi elaborado com base no que descreve (YIN, 2015), como mostra a Figura 12.

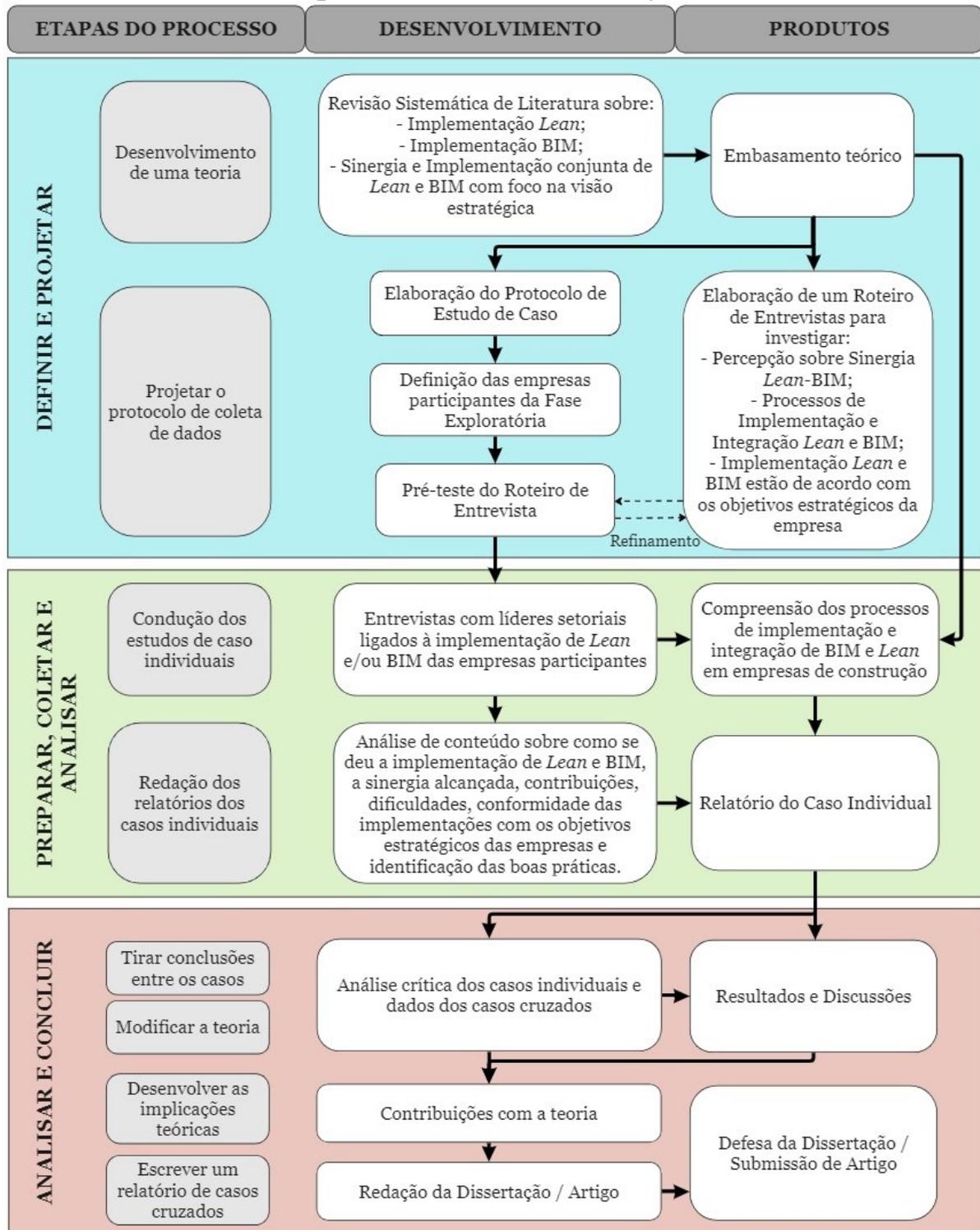
Figura 12 - Etapas do Estudo de Caso



Fonte: Yin (2015)

Desta forma, buscou-se planejar o delineamento da pesquisa de maneira a cumprir com cada objetivo proposto, a partir de meios de coleta de dados e de análise de dados adequados. A Figura 13 apresenta as macro etapas do delineamento da pesquisa, que serão detalhadas posteriormente.

Figura 13 - Delineamento da Pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora

Os objetivos específicos foram cumpridos ao longo do desenvolvimento da pesquisa, conforme explicitado no Quadro 3.

Quadro 3 - Atendimento dos objetivos em cada etapa da pesquisa

	Objetivo	Método	Etapa da Pesquisa (Figura 12)
Objetivo Geral: avaliar o processo de integração entre BIM e <i>Lean Construction</i> em empresas de construção sob a perspectiva estratégica.	Identificar benefícios da integração de <i>Lean</i> e BIM	Revisão Sistemática de Literatura sobre: - Implementação <i>Lean</i> ; - Implementação BIM; - Sinergia e Implementação conjunta de <i>Lean</i> e BIM com foco na visão estratégica	Etapa 1 Definir e Projetar
	Descrever o processo de integração entre BIM e <i>Lean</i> em empresas de construção	Entrevista com os diretores das empresas e líderes setoriais envolvidos na implementação do <i>Lean</i> e/ou BIM nas empresas participantes	Etapa 2 Preparar, Coletar e Analisar
	Analisar a relação da integração <i>Lean</i> e BIM com os aspectos estratégicos das empresas	Análise de conteúdo sobre como se deu a implementação de <i>Lean</i> e BIM, a sinergia alcançada, contribuições, dificuldades, conformidade das implementações com os objetivos estratégicos das empresas e identificação das boas práticas.	
	Propor diretrizes para implementação e integração de BIM e <i>Lean</i>	Análise crítica dos casos individuais e dados dos casos cruzados	Etapa 3 Analisar e Concluir
Contribuições com a teoria			

Fonte: Elaborado pela autora

Importante destacar que, neste trabalho as entrevistas foram consideradas como objetos empíricos, as empresas participantes foram consideradas como casos individuais, e o cruzamento dos dados das empresas como caso, objeto do estudo de caso desta pesquisa.

A seguir serão descritas as etapas de desenvolvimento deste trabalho conforme mostrado na Figura 13.

3.3.1 *Definir e projetar*

O primeiro estágio da pesquisa foi composto pela fundamentação e compreensão do tema da pesquisa. Para atingir este objetivo esta etapa foi composta por uma compreensão teórica, a partir da Revisão Sistemática de Literatura; estas fases possibilitaram a obtenção do conhecimento necessário sobre o assunto e serão mais bem apresentadas na sequência.

3.3.1.1 Revisão Sistemática da Literatura

A Revisão Sistemática de Literatura (RSL) foi feita com o propósito de servir de suporte para as demais etapas da pesquisa. A partir da questão de pesquisa (como implantar estrategicamente o *Lean* e o BIM em empresas de construção?), partiu-se para a questão norteadora da RSL e assim pretendeu-se conhecer as pesquisas relacionadas à: implementação *Lean*; implementação BIM; sinergia e implementação conjunta de *Lean* e BIM com foco na visão estratégica.

Optou-se por se realizar uma revisão sistemática por esta apresentar um maior rigor metodológico em relação à revisão narrativa tradicional, que normalmente é mais rápida e subjetiva (DONATO; DONATO, 2019). Segundo Siddaway, Wood e Hedges (2018), a RSL é caracterizada por ser metódica, abrangente, transparente, imparcial e replicável, e por envolver o processo de localização de todo trabalho publicado relevante que aborde uma ou mais perguntas de pesquisa, assim como a apresentação sistemática e síntese das características e descobertas dos resultados dessa busca. Ainda conforme estes autores, o rigor deste tipo de revisão tem como objetivo minimizar a subjetividade e viés.

De acordo com Donato e Donato (2019), a RSL possui alguns critérios essenciais, dentre eles:

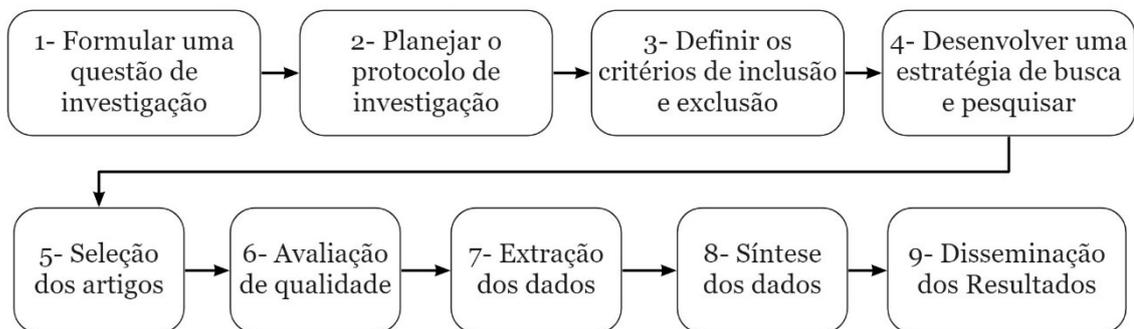
- Deve ser exaustiva: todos os artigos relevantes da área devem ser incluídos, a partir de uma estratégia de pesquisa desenvolvida de forma rigorosa e pesquisar em várias bases de dados;
- Uma metodologia rigorosa deve ser seguida: é preciso definir a questão que será respondida, escrever um protocolo, pesquisar a literatura, fazer a triagem e a análise da literatura. É importante documentar todo o processo cuidadosamente.

Por possuir uma metodologia rígida, a RSL tem potencial para alcançar os seguintes resultados (SIDDAWAY; WOOD; HEDGES, 2018):

- Desenhar conclusões robustas e amplas, resumindo de forma imparcial o que dizem as evidências cumulativas sobre determinado tópico;
- Identificar relações, contradições, lacunas e inconsistências e explorar as razões para estes;
- Indicar direções importantes para pesquisas futuras.

A metodologia necessária para se desenvolver uma RSL está ilustrada na Figura 14.

Figura 14 - Método para Revisão Sistemática de Literatura



Fonte: Adaptado de Donato e Donato (2019).

Cada passo apresentado na Figura 14 acima será melhor explicado abaixo (DONATO; DONATO, 2019):

1. Formular uma questão de investigação: o foco da questão de pesquisa é muito importante, uma vez que se a questão é muito restrita poucos estudos serão identificados e a generalização pode ser um fator limitante. Já se a questão é muito abrangente pode ser difícil chegar a conclusões aplicáveis;
2. Planejar o protocolo de investigação: depois de definida a questão de pesquisa, o protocolo de investigação deve ser desenvolvido. Neste protocolo deverão ser definidos, além da questão de pesquisa, os métodos que serão usados para efetuar a revisão, os termos de pesquisa, as bases de dados, a forma como será feita a extração de dados e a avaliação de qualidade;
3. Definir os critérios de inclusão e exclusão: nesta fase serão definidos os critérios que levarão a seleção ou exclusão dos artigos. São determinados, por exemplo, alguns filtros como idioma, o ano das publicações, área do conhecimento, se o artigo é revisado por pares;
4. Desenvolver uma estratégia de busca e pesquisa: realizar uma pesquisa exaustiva e ao mesmo tempo evitar referências em excesso é um desafio. Erros no processo

de pesquisa podem resultar em uma pesquisa enviesada ou incompleta. É recomendável que a RSL seja altamente sensível a fim de que documentos relevantes não sejam perdidos. É necessário atentar-se para o bom uso dos operadores *booleanos* (*AND*, *OR*, *NOT*), truncamento, parênteses e demais recursos existentes nas bases de dados para que a pesquisa retorne o maior número possível de artigos relevantes sem, contudo, causar vieses pela precisão demasiadamente elevada nos termos utilizados na busca. Todo o processo de pesquisa deve ser documentado detalhadamente para que seja possível sua reprodução posterior;

5. Seleção dos artigos: a pesquisa pode retornar grande número de artigos que devem ser analisados, de acordo com critérios bem definidos. Este processo de seleção deve acontecer de forma explícita pra minimizar o risco de erros e enviesamentos. Os trabalhos duplicados são retirados e os títulos e resumos dos demais trabalhos são analisados. De acordo com os critérios pré-definidos os artigos serão incluídos ou excluídos. Os textos dos artigos incluídos devem ser obtidos;
6. Avaliação da qualidade: ao ler os textos completos, deve ser aplicado, em cada artigo selecionado, critérios de avaliação de qualidade (por exemplo, fator de impacto da revista, metodologia bem definida, resultados claros). Os artigos que não tiverem qualidade suficiente devem ser excluídos;
7. Extração dos dados: um formulário de extração de dados deve ser feito com o objetivo de obter dados que respondam à questão de pesquisa feita inicialmente. A revisão destes dados extraídos pode ajudar a determinar se os resultados poderão ser reunidos e submetidos a meta-síntese¹;
8. Síntese dos dados: esta fase envolve a combinação e resumo dos resultados individuais dos trabalhos incluídos na revisão. Depois de todas as etapas anteriores terem sido realizadas, a conclusão deve ser feita e a questão da pesquisa deve ser respondida;

¹ De acordo com Siddaway, Wood e Hedges (2018), a meta-síntese tem como objetivo sintetizar estudos qualitativos sobre um tópico, para localizar temas, conceitos ou teorias-chave que formem novas ou mais poderosas explicações para o fenômeno em análise.

9. Disseminação dos resultados: por fim, os resultados devem ser difundidos por meio de publicação de artigo ou fazendo parte de alguma pesquisa de dissertação ou tese.

Como o objetivo geral desta pesquisa é avaliar o processo de integração entre BIM e *Lean Construction* em empresas de construção sob a perspectiva estratégica, a questão de investigação formulada para esta RSL foi: Como os estudos sugerem a implantação e integração de *Lean* e BIM a longo prazo em empresas construtoras? A partir da formulação desta questão foram escolhidos os termos de busca e os operadores booleanos: (*BIM* OR "*Building Information Modeling*" OR "*Virtual Design and Construction*" OR *VDC*) AND (*Lean* OR "*Lean construction*") AND (*sinergy* OR *integration* OR *implementation* OR *adoption* OR *strategy*), os quais foram pesquisados nos títulos, resumos e palavras-chave de artigos de revistas ou congressos nos anos de 2016 a 2022.

A fim de dar maior abrangência e ao mesmo tempo garantir a qualidade dos artigos foram escolhidas, como fontes de pesquisa, bases de dados internacionais como: Web of Science; Scopus; ScienceDirect; Engineering Village. Assim como Donato & Donato (2019) sugeriram, um protocolo de revisão foi elaborado, como mostra o Quadro 4, o qual foi desenvolvido com base em Gough, Thomas e Oliver (2012) e Dresch, Lacerda e Antunes Jr. (2015).

Quadro 4 - Protocolo da Revisão Sistemática de Literatura

Item	Adotado
Estrutura Conceitual	Estudar a implementação de longo prazo de <i>Lean</i> e BIM em empresas para compreender como a sinergia existente entre essas filosofias pode contribuir para implementação conjunta de ambas
Contexto	Empresas de construção
Horizonte	Sem restrições
Correntes Teóricas	Sem limitações
Idiomas	Inglês e Português
Questão de Revisão	Como os estudos sugerem a implantação e integração de <i>Lean</i> e BIM a longo prazo em empresas construtoras?
Estratégia	Agregativa

Continua

Continuação do Quadro 4

Critérios de Exclusão	Os estudos não tratam da indústria da construção; Os estudos tratam somente de implementação de ferramentas; Os estudos focam no nível operacional da implementação.
Critérios de Inclusão	Os estudos tratam da indústria da construção; Os estudos tratam de implementação/integração <i>Lean</i> ou BIM em nível estratégico.
Termos de Busca	<i>(BIM OR "Building Information Modeling" OR "Virtual Design and Construction" OR VDC) AND (Lean OR "Lean construction") AND (sinergy OR integration OR implementation OR adoption OR strategy)</i>
Extensão da Busca	Estratégia exaustiva
Viés	Viés de disseminação
Filtros	F1: Idioma (Inglês e Português) F2: Área do conhecimento (Engenharia Civil) F3: Ano (2016 – 2022) F4: Tipo de Artigo (Artigos de Revista e Artigos de Congresso) F5: Duplicidade
Fontes de Busca	Web of Science; Scopus; ScienceDirect; Engineering Village

Fonte: Elaborado pela autora

A partir da pesquisa dos termos de busca nas bases de dados, os artigos encontrados passaram pela etapa de seleção, na qual os filtros de seleção foram utilizados. No Quadro 5 é detalhada a quantidade de artigos encontrados nesta busca.

Quadro 5 - Quantidade de artigos encontrados na busca da RSL

Base de Dados	Inicial	F1: Área de Conhecimento	F2: Idioma	F3: Ano	F4: Tipo de Artigo
Scopus	237	211	209	154	154
Science Direct	21	15	15	11	11
Web Of Science	86	52	52	42	42
Engineering Village	275	275	275	189	183
Total	619	553	551	396	390

Fonte: Elaborado pela autora

Depois de selecionados os artigos, os mesmos passaram pelo filtro de duplicidade, com o auxílio do software StArt². Do total de 390 artigos, 233 eram duplicados. Portanto, sobraram 157 artigos, que tiveram seus resumos lidos, a fim de que fossem analisados quanto à adequação ao tema. Dos 157 artigos, foram selecionados 37 para análise completa, pois os demais apresentaram algum dos critérios de exclusão detalhados no Quadro 4. Quanto à língua dos artigos selecionados, todos eles foram escritos em inglês.

Destes 37 artigos, as seguintes informações foram retiradas inicialmente: autores, título, ano, periódico de publicação, país dos autores e língua do documento original. Com estas informações foi possível realizar a análise bibliométrica da pesquisa. Posteriormente, foi realizada a leitura integral dos artigos para que fosse possível retirar conclusões acerca das implementações e integração de *Lean* e BIM retratadas na literatura dos últimos anos.

Com a realização da RSL foi possível elaborar o roteiro de entrevistas para dar prosseguimento às demais fases da pesquisa, conforme detalhado nas seções a seguir.

3.3.1.2 *Elaboração do roteiro de entrevistas*

De acordo com Boni e Quaresma (2005), a investigação científica baseia-se, em um primeiro momento, na pesquisa bibliográfica e posteriormente em uma observação dos fatos ou fenômenos que são objetos de estudo, além de realizar um contato com pessoas que possam fornecer dados ou sugerir possíveis fontes de informações úteis.

Com os resultados da RSL foi possível se verificar, nos artigos encontrados, formas de implementação e integração *Lean* e BIM, ganhos e dificuldades relacionados a estes processos, aspectos importantes para se alcançar a integração, entre outros. A partir disto, foi possível elaborar o roteiro de entrevistas para investigar, nas empresas selecionadas, acerca:

- da percepção sobre sinergia *Lean*-BIM;
- dos processos utilizados para implementação *Lean* e BIM;
- se a implementação *Lean* e BIM estão de acordo com os objetivos estratégicos da empresa, e;
- boas práticas acerca das implementações e integração entre *Lean* e BIM realizadas pelas empresas.

² Ferramenta gratuita desenvolvida pelo Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software (LAPES) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR) que auxilia na aplicação de filtros e seleção de artigos para Revisão Sistemática de Literatura.

O planejamento da entrevista é uma das etapas mais importantes: o roteiro de entrevistas deve ser bem planejado, tendo em vista o objetivo que deve ser alcançado, para isso, o entrevistado deve ter familiaridade com o tema pesquisado e ter disponibilidade de tempo suficiente para a entrevista (MARCONI; LAKATOS, 2003). Como as entrevistas foram feitas sempre com os responsáveis pela implementação e integração *Lean* e BIM, o roteiro de entrevista foi o mesmo para todos os entrevistados, e este pode ser encontrado no Apêndice A.

Conforme explicam Marconi e Lakatos (2003), antes de se realizar de fato as entrevistas, deve ser realizado um pré-teste com alguns entrevistados escolhidos, a fim de evidenciar possíveis falhas existentes como inconsistência, complexidade, ambiguidade, perguntas supérfluas, entre outras. Verificadas as falhas, o roteiro deve ser reformulado tendo em vista o seu aprimoramento e o aumento de sua validade. O pré-teste também serve para verificar se o roteiro apresenta três elementos importantes (MARCONI; LAKATOS, 2003):

- Fidedignidade: serão obtidos os mesmos resultados se outra pessoa aplicar o questionário?
- Validade: os dados são necessários à pesquisa?
- Operatividade: o vocabulário é acessível e claro?

O pré-teste foi realizado com o primeiro entrevistado da empresa A, gerente de excelência operacional, que possui nove anos de experiência e está diretamente envolvido com a implementação de *Lean* na empresa. A partir desta entrevista foram verificadas possíveis melhorias no roteiro de entrevistas que foi melhorado antes de se prosseguir com as demais entrevistas.

O roteiro de entrevistas seguiu a seguinte lógica: primeiro foram feitas perguntas sobre a implementação de *Lean*, depois sobre implementação de BIM e por último sobre integração de *Lean* e BIM. A partir das respostas foi possível fazer várias relações e descobrir pontos positivos sobre a implementação de *Lean*, implementação de BIM e sobre a integração de *Lean* e BIM, além de elucidar pontos de dificuldades nas implementações, erros que devem ser evitados e perspectivas para os próximos passos da empresa.

3.3.2 Preparar, coletar e analisar

Desta forma, após a elaboração do roteiro de entrevistas baseado nos resultados da RSL, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com os responsáveis pela implementação

Lean/BIM nas empresas selecionadas, a fim de coletar informações confiáveis de pessoas e empresas que já tinham experiência nestas implementações e na integração entre *Lean* e BIM.

Após a realização das entrevistas, estas foram transcritas e analisadas com o uso de técnicas de análise de conteúdo, a fim de retirar conclusões acerca das percepções dos respondentes acerca do conteúdo abordado e para se extrair as boas práticas realizadas pelas empresas sobre implementação de *Lean*, de BIM e a integração entre eles. A seguir, o processo da realização das entrevistas é descrito.

3.3.2.1 Entrevista com Stakeholders ligados à implementação do Lean e/ou BIM nas empresas participantes

Como esta fase se caracteriza como um estudo exploratório, no qual se deseja conhecer as opiniões dos entrevistados e não impor a eles uma visão da realidade, foram realizadas entrevistas semiestruturadas, nas quais os entrevistados puderam discorrer sobre os assuntos abordados sem se limitarem às perguntas feitas (RICHARDSON, 2012).

Este tipo de entrevista combina perguntas abertas e fechadas e o entrevistado tem oportunidade de discorrer sobre o tema proposto. O pesquisador segue um roteiro de entrevista, porém tem liberdade de inserir perguntas adicionais de acordo com a ocasião apresentada pelo entrevistado ou para elucidar alguma questão que não ficou clara, no entanto, sempre atentando para que a discussão não fuja do contexto (BONI; QUARESMA, 2005).

As principais vantagens desse tipo de entrevista são, primeiramente, a maior profundidade que se consegue alcançar graças à flexibilidade quanto à duração da entrevista e também pela liberdade que se dá para o entrevistado desenvolver suas respostas da maneira que se sentir mais à vontade e de forma mais espontânea, o que pode fazer surgir questões inesperadas que poderão ser de grande utilidade para a pesquisa (BONI; QUARESMA, 2005).

A quantidade de entrevistas e a quantidade de empresas participantes foram determinadas de acordo com as contribuições que novas entrevistas poderiam trazer à pesquisa, ou seja, foram realizadas entrevistas até a saturação das respostas. A saturação das respostas se deu ao verificar a abrangência das experiências das empresas, pois, as empresas A e B implementaram primeiramente o *Lean* e depois o BIM, a empresa C implementou ambos em paralelo e a empresa D implementou primeiramente o BIM e depois o *Lean*. Desta forma, foram abordadas diversas formas de implementação e integração que trouxeram contribuições relevantes para a pesquisa.

As entrevistas foram realizadas através das plataformas *Google Meets* ou *Microsoft Teams*, o que possibilitou a gravação das mesmas após prévia autorização dos entrevistados, e transcritas o mais rápido possível, a fim de que informações importantes obtidas a partir da apreensão da pesquisadora não se perdessem com o passar do tempo.

Foram realizadas ao todo oito entrevistas, com dez profissionais, em quatro empresas de construção. Nas empresas A, B e D, as entrevistas foram individuais e na empresa C as entrevistas com três profissionais aconteceram de forma simultânea a pedido dos entrevistados. A quantidade de entrevistas foi considerada satisfatória, uma vez que os objetivos propostos puderam ser alcançados e novas entrevistas não trariam novas contribuições. A coleta de dados se deu a partir de entrevistas semiestruturadas com responsáveis pela implementação de *Lean Construction* e BIM nas empresas participantes da pesquisa, sendo estes de nível estratégico, tático e operacional das empresas.

A empresa A é de grande porte, está inserida no setor de construção pesada e é considerada como *General Contractor*. A empresa D também é de grande porte, possui como principais produtos habitações de interesse social, porém atualmente vem diversificando para outros tipos de construções. As outras duas empresas (empresas B e C) são de médio porte e estão inseridas no setor de construção de edificações verticais de alto padrão.

Foram realizadas três entrevistas com profissionais da empresa A, duas com a empresa B, três na empresa C (de forma simultânea) e duas com a empresa D, conforme mostrado no Quadro 6.

Quadro 6 - Caracterização dos respondentes

Empresa	Cargo	Nível hierárquico	Tempo de atuação na empresa	Tempo de atuação no mercado	Duração da entrevista (min)
A	Gerente de Excelência Operacional	Estratégico / tático / operacional	9 anos	9 anos	42
	Gerente da Consultoria de <i>Lean</i> e Excelência Operacional	Estratégico / tático / operacional	12 anos	12 anos	55
	Gerente de Sistemas de Engenharia, Construção e BIM	Estratégico / tático / operacional	12 anos	23 anos	67

Continua

Continuação do Quadro 6

B	Diretor técnico	Estratégico	25 anos	25 anos	24
	Coordenador de projetos	Operacional e tático	9 anos	9 anos	17
C	Arquiteto	Especialista operacional	12 anos	20 anos	28
	Arquiteto	Especialista operacional	6 meses	10 anos	
	Engenheiro Civil	Operacional e estratégico	11 anos	25 anos	
D	Coordenador de Planejamento Estratégico	Tático	13 anos	13 anos	51
	Coordenador BIM	Estratégico	9 anos	9 anos	25

Fonte: Elaborado pela autora

Como as entrevistas tiveram o formato semiestruturado, algumas perguntas além das mostradas no Apêndice A foram feitas, e os entrevistados puderam falar livremente sobre assuntos que julgassem importantes, mesmo que não fosse contemplado no questionário.

3.3.2.2 Análise de conteúdo das entrevistas

Após a realização das entrevistas, estas foram transcritas e importadas no *software* Atlas.ti, para que fosse realizada a análise de conteúdo das mesmas. De acordo com (BARDIN, 2016), a análise de conteúdo possui duas funções, que podem ou não se associar: uma função heurística, na qual há o enriquecimento da tentativa exploratória, ou seja, da descoberta; e a função de administração da prova, na qual hipóteses são formuladas na forma de questões ou diretrizes que poderão ser verificadas a partir da análise de conteúdo.

Quando a análise de conteúdo se faz baseada em entrevistas, o desafio encontra-se em conseguir se inferir algo a partir do que foi falado individualmente, de forma que possa ser representativo para um certo grupo, ou seja, utilizar a unicidade do indivíduo para alcançar a síntese da totalidade (BARDIN, 2016).

Para que seja possível alcançar este nível de inferência, (BARDIN, 2016) propõe três etapas para esta análise:

Figura 15 - Etapas da análise de conteúdo

Etapa	Objetivos	Desenvolvimento
1- Pré-análise	Organizar a análise de conteúdo	- Escolha dos documentos que serão analisados; - Elaboração de hipóteses e objetivos; - Criação de indicadores que fundamentem a interpretação final.
2- Exploração do material	Aplicar sistematicamente as decisões tomadas	- Codificar e decompor ou enumerar em função das regras previamente formuladas.
3 - Tratamento dos resultados	Analisar de forma quantitativa e qualitativa	- Propor inferências; - Adiantar interpretações sobre objetivos propostos ou sobre descobertas inesperadas.

Fonte: Adaptado de Bardin (2016)

Na escolha dos documentos, é preciso (BARDIN, 2016): atentar-se à busca de todos os documentos necessários para se alcançar o objetivo proposto (regra da exaustividade); possuir um número suficiente para que sejam representativos do universo que se deseja conhecer (regra da representatividade); devem obedecer a critérios de escolha precisos (regra da homogeneidade); e devem corresponder ao objetivo que foi proposto para a análise (regra da pertinência). Os documentos utilizados foram as transcrições das entrevistas realizadas anteriormente.

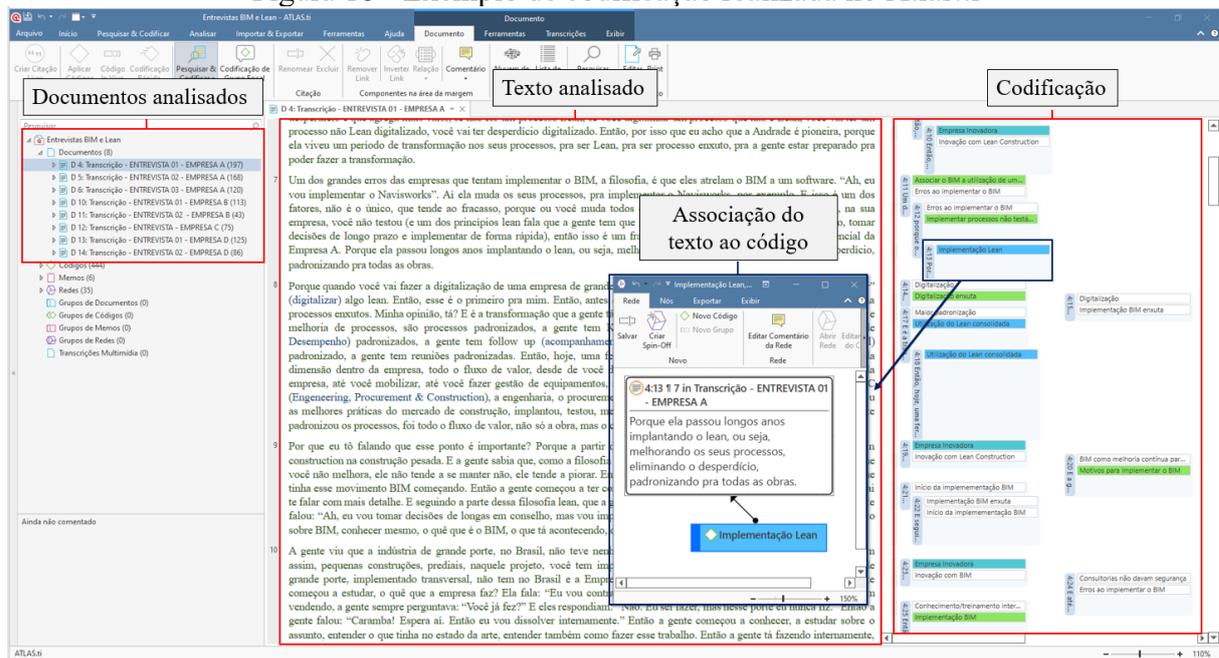
A formulação de hipóteses e objetivos servem para se explicitar e precisar o que se deseja pôr à prova ao longo da análise de conteúdo. As hipóteses podem surgir a partir de conhecimento anterior ou da intuição, ou podem também se manifestar no decorrer da análise. A criação de indicadores se faz em função das hipóteses. Se a importância de um tema está relacionada ao quanto é citado, então o indicador corresponderá a frequência deste tema, de forma relativa ou absoluta. As hipóteses formuladas nesta fase tiveram como embasamento os resultados obtidos da RSL e das respostas das entrevistas.

Uma vez definidas as hipóteses, os objetivos e os indicadores, e os documentos foram escolhidos, pode se iniciar a exploração do material, que nada mais é do que a aplicação sistemática das decisões tomadas. Esta fase é mais longa e consiste em codificar, decompor ou enumerar o texto a ser analisado, em função das regras previamente formuladas (BARDIN, 2016). A regra escolhida para codificação foi: reunir evidências que mostrassem motivações, benefícios, dificuldades e boas práticas para implementação e integração de *Lean* e de BIM.

A codificação consiste em transformar dados brutos do texto para alcançar a representação do conteúdo, por meio de análises quantitativas ou qualitativas. A análise

quantitativa obtém resultados descritivos a partir de métodos estatísticos, é mais objetiva, fiel e exata, por ser mais bem controlada. Por isso mais útil para verificação de hipóteses (BARDIN, 2016). Enquanto a análise qualitativa possui um procedimento mais intuitivo, adaptável e não possui índices previstos. Assim, é mais útil na elaboração de deduções específicas ou uma inferência precisa, e não sobre situações gerais, ou seja, é utilizada quando uma conclusão é feita a partir da aparição de um tema, e não a partir da frequência da sua aparição (BARDIN, 2016). Um exemplo das codificações feitas pode ser conferido na Figura 16.

Figura 16 - Exemplo de codificação realizada no Atlas.ti



Fonte: Elaborado pela autora

Os resultados recebem tratamento para que sejam válidos. Este tratamento pode ser por métodos estatísticos ou por uma análise qualitativa que permita estabelecer quadros de resultados, diagramas, modelos, entre outros, para que as informações sejam condensadas. Ao final da análise é possível propor inferências e adiantar interpretações sobre os objetivos propostos inicialmente, ou sobre descobertas inesperadas (BARDIN, 2016). Nesta pesquisa as análises foram prioritariamente qualitativas, uma vez que as empresas possuem experiências diferentes acerca das implementações e integrações de *Lean* e BIM, portanto, certos temas podem ser citados poucas vezes e mesmo assim possuírem grande relevância. Os códigos criados foram organizados em redes, a fim de que fosse possível extrair conclusões sobre o que foi falado. Os diagramas das redes feitas a partir dos códigos criados na análise de conteúdo das entrevistas podem ser conferidos na seção de resultados.

3.3.3 *Analisar e concluir*

As análises individuais foram reunidas a fim de que as informações de cada empresa fossem cruzadas com as demais para que generalizações pudessem ser feitas. Depois que as análises de conteúdo de cada empresa foram feitas, todas as entrevistas foram reunidas em um arquivo único para que a codificação e as redes pudessem ser feitas com todas as entrevistas. Desta forma, com os produtos da análise de conteúdo de todas as empresas, foram sumarizados as formas e os motivos de implementar e integrar *Lean* e BIM, assim como as suas contribuições e as dificuldades. A partir da análise cruzada dos dados, foi possível se retirar conclusões acerca dos pontos positivos e negativos das implementações de cada empresa, relacionar o modo de implementação e o porte da empresa aos ganhos ou dificuldades e, assim, verificar quais empresas obtiveram mais sucesso em suas implementações e integração de *Lean* e BIM, assim como, foi possível fazer inferências generalizáveis para todas as empresas sobre implementação e integração de *Lean* e BIM.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção apresenta os resultados das etapas detalhadas na metodologia, a começar pela Revisão Sistemática de Literatura, posteriormente a Análise de Conteúdo das Entrevistas de cada empresa participante e, por fim, a análise cruzada dos dados obtidos nos casos individuais, com conclusões acerca das dificuldades e contribuições das implementações e integração de *Lean* e BIM.

4.1 Revisão Sistemática de Literatura

Esta pesquisa foi realizada no mês de março de 2022 e, conforme definido na metodologia, escolheu-se as seguintes bases de dados como fonte de pesquisa: Scopus, Science Direct, Web of Science e Engineering Village. O acesso às bases de dados foi feito pela Portal de Periódicos da Capes. A string de busca utilizada foi:

Quadro 7 - String de Busca da RSL

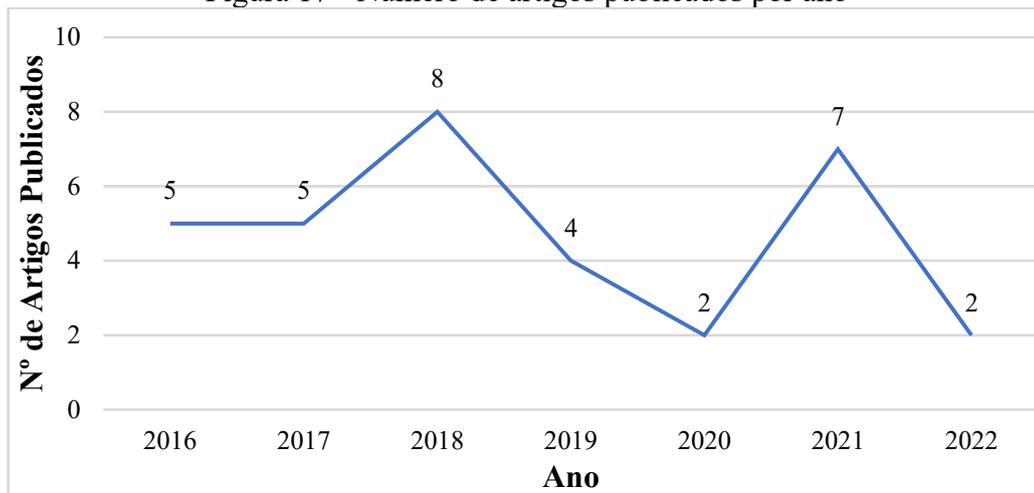
TITLE-ABS-KEY (BIM OR "*Building Information Modeling*" OR "*Virtual Design and Construction*" OR VDC) AND TITLE-ABS-KEY (*Lean* OR "*Lean construction*") AND TITLE-ABS-KEY (*sinergy* OR *integration* OR *implementation* OR *adoption* OR *strategy*)

Fonte: Elaborado pela autora

4.1.1 Bibliometria

Nesta seção serão detalhados os resultados da bibliometria da RSL realizada nesta pesquisa. É possível perceber, como mostra a Figura 17, que houve uma variação na frequência de publicação sobre esse tema. O ano de 2018 teve o maior número de publicações, seguido de uma queda nos anos de 2019 e 2020 e uma ascensão no ano de 2021. Como a pesquisa foi realizada no começo do ano de 2022, o número de publicações neste ano não é conclusivo. Estes resultados não representam uma falta de interesse pelo assunto de sinergia entre *Lean* e BIM, mas sim que poucas pesquisas relacionadas a implementação conjunta de longo prazo são realizadas.

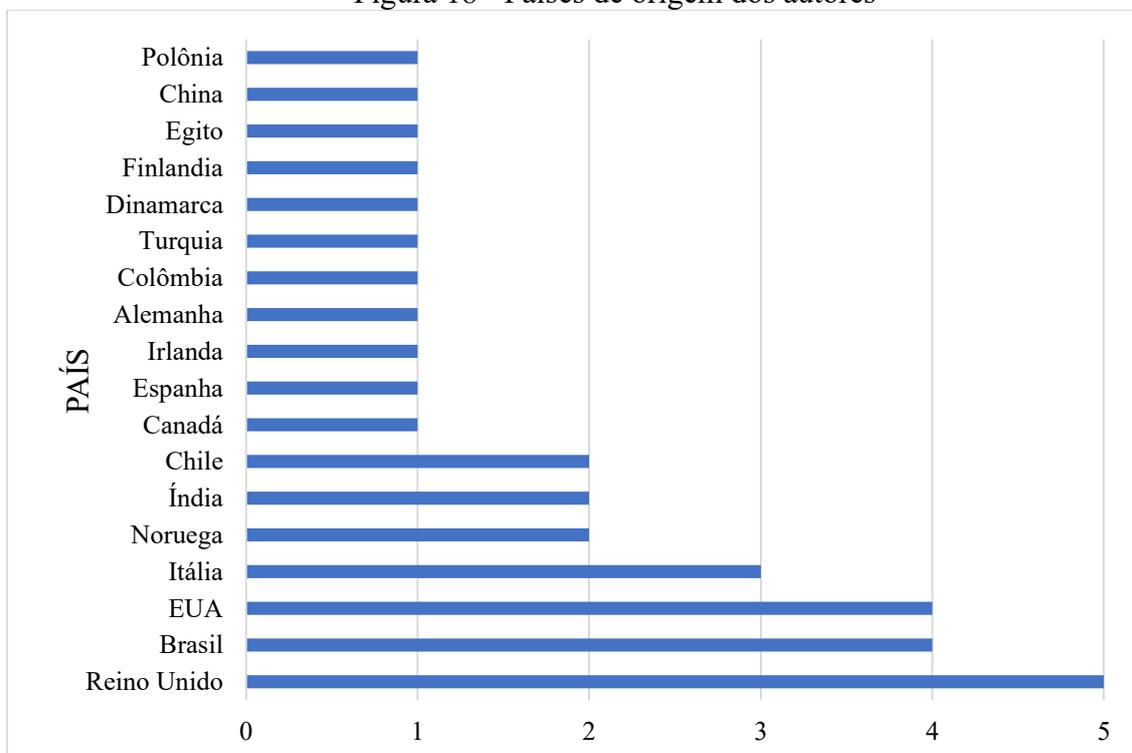
Figura 17 - Número de artigos publicados por ano



Fonte: Elaborado pela autora

Um número relativamente grande de países vem publicando sobre implementação de *Lean* e BIM (Figura 18), com destaque para o Reino Unido, que é referência mundial em processos de implementação de BIM. Ressalta-se também a presença do Brasil, o que mostra uma tentativa de modernizar o seu setor de construção, conhecidamente atrasado. Outros 16 países também publicaram sobre o assunto nos últimos anos.

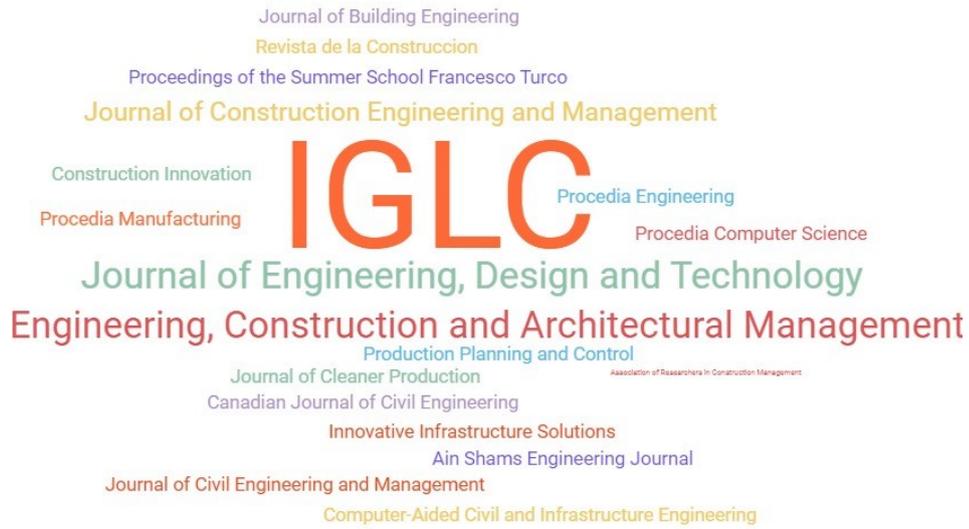
Figura 18 - Países de origem dos autores



Fonte: Elaborado pela autora

Conforme mostrado na Figura 19, a maioria dos artigos pesquisados foram publicados nos anais do IGLC (*International Group for Lean Construction*), o que mostra que esta conferência tem sido procurada pelos pesquisadores para divulgar este tema. Isto revela também uma aderência dos pesquisadores que estudam sobre *Lean* em relação à pesquisa sobre BIM, o que pode demonstrar que o tema BIM tem afinidade com o *Lean*.

Figura 19 - Periódicos encontrados



Fonte: Elaborado pela autora

No Quadro 8, são relacionados todos os artigos encontrados nesta RSL que foram analisados por completo:

Quadro 8 - Artigos analisados na RSL

Título	Autores	Ano
Lean construction management techniques and BIM technology - Systematic literature review	MICHALSKI; GLODZINSKI; BODE	2022
Using BIM as a lean management tool in construction processes - A case study	ELDEEP; FARAG; EL-HAFEZ.	2022
Analysis framework for the interactions between building information modelling (BIM) and lean construction on construction mega-projects	EVANS; FARRELL; ZEWEIN; et al..	2021
A BIM-lean framework for digitalisation of premanufacturing phases in offsite construction	BARKOKEBAS et al.	2021

Continua

Continuação do Quadro 8

Analysis of a Construction Innovative Solution from the Perspective of an Information System Theory	HAJJ; JAWAD; MONTES	2021
Critical success factors for adopting building information modelling (BIM) and lean construction practices on construction mega-projects: a Delphi survey	EVANS; FARRELL; MASHALI; et al.	2021
A lean construction and BIM interaction model for the construction industry	BAYHAN et al.	2021
Barriers to integrating lean construction and integrated project delivery (IPD) on construction megaprojects towards the global integrated delivery (GID) in multinational organisations: lean IPD & GID transformative initiatives	EVANS; FARRELL; ELBELTAGI; et al.	2021
Integrated implementation of Virtual Design and Construction (VDC) and lean project delivery system (LPDS)	ASLAM; GAO; SMITH	2021
Analyzing the Association between Lean Design Management Practices and BIM Uses in the Design of Construction Projects	HERRERA et al.	2021
Applying BIM tools in IPD project in Peru	ERAZO; GUZMAN; ESPINOZA	2020
Lean construction and BIM in small and medium-sized enterprises (SMEs) in construction: A systematic literature review	TEZEL et al.	2020
BIM, Augmented and Virtual Reality empowering Lean Construction Management: a project simulation game	DALLASEGA et al.	2020
Integrated lean and BIM processes for modularised construction - A case study	MCHUGH; DAVE; CRAIG	2019
Digitizing lean construction with building information modeling	VON HEYL; DEMIR	2019
Continua		

Continuação do Quadro 8

The link between lean and human resource management or organizational behaviour: A bibliometric review	CIANO et al.	2019
Lean and BIM implementation in Colombia; interactions and lessons learned	GÓMEZ-SÁNCHEZ; PONZ-TIENDA; ROMERO-CORTÉS	2019
Digital Obeya Room: exploring the synergies between BIM and lean for visual construction management	NASCIMENTO et al.	2018
Developing organizational capabilities to deliver lean and green project outcomes using BIM	AHUJA; SAWHNEY; ARIF	2018
Exploring the BIM and lean synergies in the Istanbul Grand Airport construction project	KOSEOGLU; SAKIN; ARAYICI	2018
Interactions of Building Information Modeling, Lean and Sustainability on the Architectural, Engineering and Construction industry: A systematic review	SAIEG et al.	2018
Development of an integrated BIM and lean maturity model	MOLLASALEHI et al.	2018
CAN BIM furnish lean benefits - An Indian case study	SINGHAL; AHUJA	2018
Integration enabled by virtual design & construction as a lean implementation strategy	RISCHMOLLER et al.	2018
Facility management using digital obeya room by integrating BIM-lean approaches: An empirical study	NASCIMENTO et al.	2018
Achieving leanness with BIM-based integrated data management in a built environment project	MA et al.	2018
Integrating IPD and exploring potentials	NEVE et al.	2017
Integration of lean construction and building information modeling in a large client organization in Massachusetts	BOLPAGNI; BURDI; CIRIBINI	2017

Continua

Continuação do Quadro 8

How BIM-lean integration enhances the information management process in the construction design	MOLLASALEHI et al.	2017
Modeling Virtual Design and Construction Implementation Strategies Considering Lean Management Impacts	MANDUJANO et al.	2017
Virtual design and construction: Aligning BIM and lean in practice	FOSSE; BALLARD; FISCHER	2017
Identifying waste in virtual design and construction practice from a Lean Thinking perspective: A meta-analysis of the literature	MANDUJANO et al.	2016
The Effects of BIM and Lean Construction on Design Management Practices	TAURIANEN et al.	2016
Building information modeling: A report from the field	HARRIS; ALVES	2016
Approach for BIM implementation: A vision for the building industry	BARROS NETO	2016
BIM-stations: What it is and how it can be used to implement lean principles	VESTERMO et al.	2016
Deploying BIM in a heavy civil project	FOSSE; SPITLER; ALVES	2016

Fonte: Elaborado pela autora

4.1.2 Principais achados

Nesta seção serão descritas as principais descobertas advindas da Revisão Sistemática de Literatura. Os resultados estão apresentados da seguinte forma: primeiramente foram reunidos os achados sobre implementação BIM e *Lean*, e posteriormente, sobre integração *Lean*-BIM.

Sobre implementação de BIM, Barros Neto (2016) afirma que muitas publicações se concentram apenas nos aspectos técnicos, porém esta implementação deve ser enxergada como um processo estratégico, de forma a incluir mudanças organizacionais e inovação. Segundo o autor citado, enxergar o BIM apenas a partir da perspectiva técnica é, na verdade,

uma visão míope que causará dificuldades no processo de implantação do BIM em seus estágios avançados, pois muitos dos problemas estão relacionados à organização e à inovação.

Da mesma forma, Von Heyl e Demir (2019) afirmam que o BIM pode trazer diversos benefícios, porém, se a gestão social da empresa não for melhorada, um sistema de gestão técnico – mesmo um apoiado pelo BIM – não trará benefícios reais. Por isso, é crucial que a indústria AEC pense seriamente nos métodos de implementação do BIM, para se concentrarem no método e não em tecnologias específicas (MANDUJANO et al., 2016).

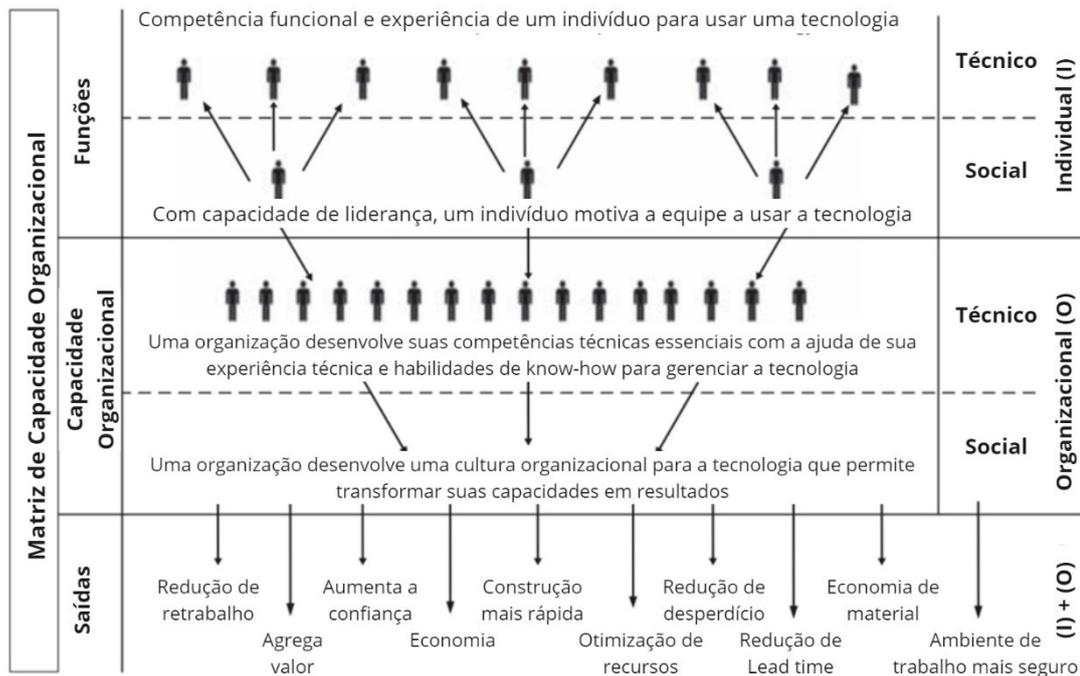
Segundo Fosse, Spitler e Alves (2016), o maior benefício do BIM é a gestão visual, pois proporciona um melhor fluxo de informações e esclarecimentos mais compreensíveis. O estudo de caso destes autores mostrou que, mesmo sem exigência do cliente, com pouco conhecimento pré-existente e grande distância geográfica entre membros da equipe, foi possível implementar o BIM.

Porém, mesmo que Fosse, Spitler e Alves (2016) tenham obtido sucesso em uma implementação sob as condições citadas acima, Ahuja, Sawhney e Arif (2018) chamam a atenção sobre esse assunto. Para estes autores, novas adoções tecnológicas (como o BIM) somente serão bem-sucedidas se houver engajamento dos usuários reais a fim de garantir que suas habilidades e compreensão aumentem e que toda a organização construa suas capacidades.

Assim, para Ahuja, Sawhney e Arif (2018), existe um conjunto de habilidades técnicas e sociais necessárias para um bom desenvolvimento de capacidade organizacional para implementação do BIM:

- (1) Individual-técnica: habilidade de um indivíduo para o uso de várias funções BIM;
- (2) Individual-social: capacidade de liderança de um indivíduo para motivar uma equipe para o uso de funções BIM;
- (3) Organizacional-técnica: competência de uma organização para gerenciar a implementação do BIM;
- (4) Organizacional-social: cultura da organização que permite transformar o conhecimento técnico do BIM em resultados desejados nos projetos.

Figura 20 - Matriz de Capacidade Organizacional



Fonte: adaptado de Ahuja, Sawhney e Arif (2018)

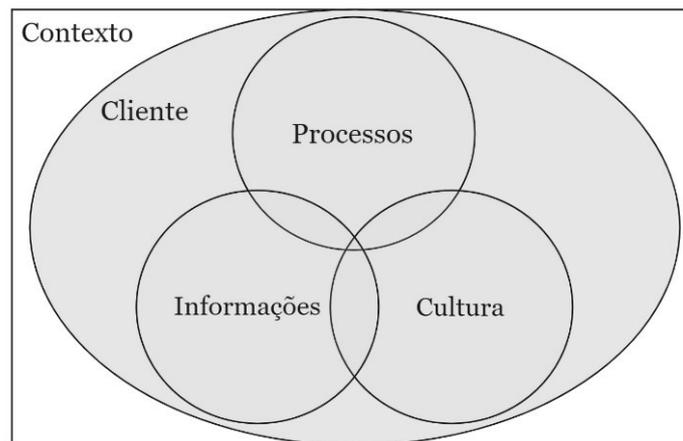
Mandujano et al. (2017) descobriram que o comprometimento gerencial e gestão participante dos níveis mais altos da hierarquia é crucial para a implementação do BIM. Além disso, apesar do BIM ter uma implementação baseada em tecnologia, as pessoas, combinadas com um ambiente contratual adequado, claro e preciso, permitem o início do processo.

Sobre implementação de *Lean*, Gómez-Sánchez, Ponz-Tienda e Romero-Cortés (2019) afirmam que o *Lean* requer uma liderança facilitadora e habilidades *soft*, que motivam a mudança de mentalidade da equipe para novas formas de trabalho. Para estes autores, a utilização do BIM torna a construção mais enxuta mesmo que esta não seja a intenção explícita em uma determinada atividade, porém se o BIM for implementado de forma inadequada, suas ferramentas podem tornar o processo mais difícil e instável, por isso, o design baseado no BIM requer mais cautela e meticulosidade do designer (GÓMEZ-SÁNCHEZ; PONZ-TIENDA; ROMERO-CORTÉS, 2019).

Para verificar de que forma a implementação de *Lean* e BIM afeta a cadeia de valor no plano estratégico da empresa, Osorio-Gomez et al. (2020) desenvolveram um Mapa de Fluxo de Valor (MFV) em uma empresa líder na Colômbia. O MFV também serviu para identificar vantagens competitivas, papéis, recursos e fluxos de informações, como também encontrar ineficiências nos processos.

A partir deste MFV, Osorio-Gomez et al. (2020) identificaram que existem dois focos que influenciam no desempenho da implementação de *Lean* e BIM, um interno, chamado ciclo PIC (Processos, Informações e Cultura) e um externo, composto por clientes e contexto (Figura 21). Nos aspectos internos a empresa possui mais controle e maior possibilidade de melhorar. Já nos aspectos externos, a empresa possui influência limitada, porém, conhecer suas restrições e expectativas pode se configurar em vantagem competitiva sobre seus concorrentes.

Figura 21 - Aspectos que mais influenciam na implantação de *Lean* e BIM



Fonte: Osorio-Gomez et al. (2020)

A seguir, é mostrada uma breve descrição dos aspectos que mais influenciam na implantação de *Lean* e BIM (OSORIO-GOMEZ et al., 2020):

- **Processos:** nesta categoria estão as atividades realizadas dentro de cada departamento que agregam valor sob a perspectiva do cliente e as interações entre os departamentos. Assim como a compreensão sobre qual parte do processo cada stakeholder influencia e como estes podem melhorar os processos;
- **Informação:** enquadra o entendimento geral das comunicações dentro da empresa, abrangendo os canais utilizados e a eficiência do fluxo de informações. Além disso, ainda apreende a forma como a empresa lida com as lições aprendidas e o controle de qualidade, a fim de que os colaboradores não cometam os mesmos erros do passado por falta de conhecimento;
- **Cultura:** obtém-se uma perspectiva panorâmica de como as decisões são tomadas na empresa, em que nível de hierarquia e como isso causa gargalos nos processos. É útil também para verificar se as decisões são tomadas em tempo hábil e identificar situações que geram atrasos na continuidade e nos ciclos dos processos. Permite

avaliar se os pensamentos e percepções do líder estão alinhados com os objetivos da empresa;

- Cliente: alinha expectativas dos clientes com o valor oferecido pela empresa, identificando falhas e lacunas do mercado. Importante ressaltar que a missão, visão e valores da empresa devem ser compatíveis com os desejos do cliente;
- Contexto: compreende o ambiente no qual a empresa está inserida e em que a implementação deve ser realizada. Considera diversos parâmetros como políticas, economia, cultura, sociedade, meio ambiente, contratos e questões legais. Estes parâmetros podem criar barreiras ou oportunidades nos processos de melhoria da cadeia de valor em um contexto regional, nacional e internacional.

De acordo com Harris e Alves (2016), os coordenadores BIM têm um papel fundamental na integração entre *Lean* e BIM, porque, se grande parte das responsabilidades de usar o BIM recai sobre uma única pessoa, as sinergias entre BIM e *Lean* irão se limitar ao quanto este indivíduo tem consciência sobre o BIM e de como este pode levar a um maior valor para os clientes, melhor fluxo e redução de desperdícios.

Como aspectos importantes na implementação de *Lean* e BIM, Osorio-Gomez et al. (2020) citam que uma excelente liderança da hierarquia superior e uma implementação de cima para baixo em uma estrutura organizacional flexível. Além disso, é preciso ter metas e objetivos claros, para manter os interesses alinhados e conservar os objetivos estratégicos da empresa acima dos interesses pessoais.

Para Bayhan et al. (2021), na integração entre *Lean* e BIM, a motivação da equipe é fundamental para a composição de um modelo exequível. Outro aspecto essencial, segundo estes autores, é que os profissionais do setor devem melhorar seus canais de comunicação para alcançar sucesso nos seus processos.

De acordo com Fosse, Ballard e Fischer (2017), ter uma cultura *Lean* inovadora já implementada é um fator essencial para implementação de sucesso do BIM. Outros fatores cruciais para estes autores envolvem conhecimento dos métodos e como implementá-los, treinamento adequado e liderança que entende e promove a abordagem. Uma barreira identificada por estes autores é o tempo e o esforço necessários para alcançar resultados positivos.

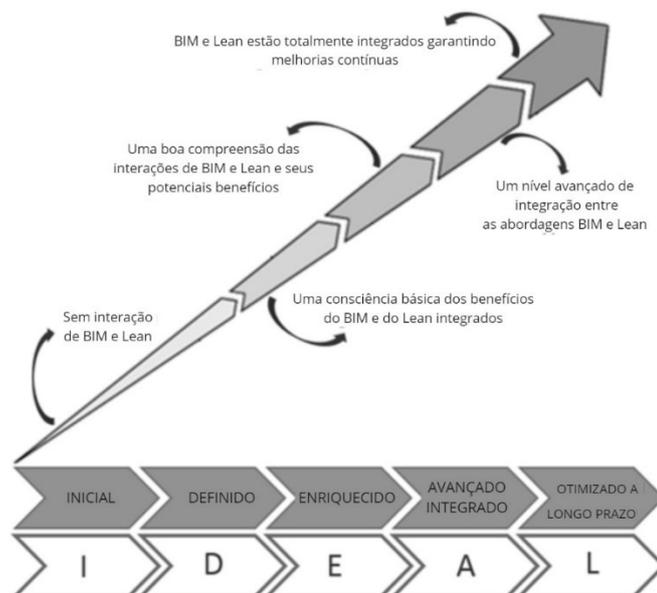
A partir de um estudo de caso, Bolpagni, Burdi e Ciribini (2017) afirmam que a implementação de *Lean* e BIM necessita começar pela definição clara dos requisitos do cliente.

Além disso, os líderes devem comandar o processo para maximizar benefícios, começando uma mudança interna, e por isso, uma estratégia plurianual deve ser implementada (BOLPAGNI; BURDI; CIRIBINI, 2017).

No estudo de caso de Mchugh, Dave e Craig (2019), a partir do uso do aplicativo Visilean, foi possível melhorar continuamente o processo de produção, identificar gargalos, gerir melhor os materiais e alocações de trabalho e verificar possíveis problemas de segurança. Isso tudo impulsionou uma melhoria coletiva de produtividade. Porém, os autores afirmam que mesmo com o auxílio de um aplicativo, a integração entre *Lean* e BIM só foi alcançado no projeto deste estudo de caso graças a uma equipe dedicada, uma cultura colaborativa apoiada pelo Diretor de Projeto e uma equipe de liderança totalmente comprometida com mudanças, estímulo por aprendizado contínuo e a busca da superação das expectativas do cliente (MCHUGH; DAVE; CRAIG, 2019).

Mollasalehi et al. (2018) criaram um modelo integrado de maturidade *Lean* e BIM e o chamaram de IDEAL, um acrônimo de Initial + Defined + Enhanced + Advanced Integrated + Long-term Optimised, conforme mostrado na Figura 22 e detalhado no Quadro 9.

Figura 22 - Modelo de maturidade integrado BIM e *Lean*



Fonte: Mollasalehi et al. (2018)

Quadro 9 - Modelo Integrado de Maturidade *Lean* e BIM

Nível de Maturidade	Abordagem	Descrição
Initial (Inicial)	BIM	O BIM não está totalmente implementado e falta um apoio consistente da equipe de gestão, uma vez que políticas e processos não estão bem definidos. O uso de software não está totalmente incorporado, por isso não existe verdadeira colaboração entre os membros da equipe.
	<i>Lean</i>	Existe a aplicação de algumas ferramentas, porém o <i>Lean</i> não está totalmente implementado. A filosofia e o pensamento enxuto não são bem compreendidos, por isso a adoção <i>Lean</i> pode estar mais presente em algumas áreas e em outras não.
	Integração BIM e <i>Lean</i>	Como as abordagens BIM e <i>Lean</i> não estão totalmente implementadas, os benefícios de sua interação não são totalmente reconhecidos e compreendidos. As atividades que com potenciais sinergias entre <i>Lean</i> e BIM não estão alinhadas.
Defined (Definido)	BIM	Existe uma documentação básica de processos e políticas, a equipe de gerenciamento começa a conduzir a implementação, porém falta conhecimento verdadeiro, habilidades de software BIM e uma verdadeira mentalidade. Assim, o ambiente colaborativo não é totalmente eficaz e o BIM não é totalmente adotado. Porém, já existe respeito/confiança mútua entre os participantes do projeto que pretendem seguir os processos BIM.
	<i>Lean</i>	Existem algumas abordagens informais implementadas em algumas áreas e certas ferramentas <i>Lean</i> são usadas. Uma consciência geral em termos de práticas <i>Lean</i> pode ser sentida.
	Integração BIM e <i>Lean</i>	Como as abordagens BIM e <i>Lean</i> não estão totalmente implementadas, os benefícios de sua interação não são totalmente reconhecidos e compreendidos. As atividades que com potenciais sinergias entre <i>Lean</i> e BIM que podem vir a acontecer não estão alinhadas.
Enhanced (Melhorada)	BIM	Existe uma estratégia de implementação BIM ligada a uma compreensão da visão de implementação do BIM. O BIM é enxergado não apenas como uma ferramenta, mas como uma combinação de tecnologia, processos e pessoas. Há um nível avançado de colaboração entre os membros do projeto.
	<i>Lean</i>	Na maioria das áreas a implementação já está sistemática. A filosofia <i>Lean</i> já é bem compreendida e os princípios são adotados nos projetos.
	Integração BIM e <i>Lean</i>	A compreensão das sinergias entre <i>Lean</i> e BIM e seus benefícios potenciais e alguns recursos BIM estão alinhados com os princípios <i>Lean</i> para alcançar maiores vantagens. Por exemplo, o <i>Last Planner System</i> (LPS) é implementado com recursos BIM, como visualização e colaboração.
Advanced Integrated (Integrado Avançado)	BIM	O BIM já está bem implementado nos níveis organizacionais, gerenciais, estratégicos e comunicativos. Os modelos são bem sincronizados e integrados aos processos de negócio. Padrões BIM e benchmarks de desempenho são incorporados em sistemas de gestão da qualidade e melhoria de desempenho.
	<i>Lean</i>	O <i>Lean</i> está totalmente implementado e todos os projetos estão melhorando continuamente. A filosofia do pensamento enxuto é bem compreendida e os princípios e ferramentas <i>Lean</i> são totalmente praticados para permitir a melhoria contínua.
	Integração BIM e <i>Lean</i>	Existe um alto nível de integração entre BIM e <i>Lean</i> . Essas abordagens trabalham em paralelo e em direção ao mesmo objetivo. Portanto, a interação das características do BIM com os princípios <i>Lean</i> é bem compreendida, e a implementação BIM e <i>Lean</i> é realizada com base nessas interações.

Continua

Continuação do Quadro 9

Long-term Optimised (Otimização de longo prazo)	BIM	A implementação de uma estratégia BIM e seu impacto nos modelos organizacionais é constantemente revisitada e realinhada com outras estratégias de forma ativa. Constantemente a seleção/uso de ferramentas de software é revisado para melhorar a produtividade e alinhar-se aos objetivos estratégicos. As responsabilidades, riscos e recompensas da colaboração são continuamente revisitados, assim como os benchmarks, para garantir a mais alta qualidade de processos, produtos e serviços.
	<i>Lean</i>	A filosofia <i>Lean</i> está enraizada no nível organizacional e os princípios e ferramentas <i>Lean</i> são totalmente implementados. As práticas <i>Lean</i> são repetidamente revisitadas para garantir a mais alta qualidade de processos, produtos e serviços.
	Integração BIM e <i>Lean</i>	BIM e <i>Lean</i> são totalmente integrados para a mais alta qualidade e produtividade de projeto e processo. Portanto, as funções BIM relacionadas aos princípios <i>Lean</i> são totalmente implementadas para garantir a melhoria contínua do projeto.

Fonte: Mollasalehi et al. (2018)

Evans et al. (2021) descobriram que entre as principais barreiras para a integração entre *Lean* e IPD (*Integrated Project Delivery*) estão a falta de modelagem BIM obrigatória, falta de padrões e regulamentos da indústria estabelecidos pelos governos, altos custos de licenças de softwares BIM, resistência à mudança da indústria e elevado investimento em formação pessoal.

Ainda sobre investigação de barreiras, Hajj, Jawad e Montes (2021) pesquisaram e descobriram diversas semelhanças nas principais barreiras para implementação de conceitos inovadores na construção civil (BIM, *Lean*, *Six Sigma* e IPD), principalmente nas dimensões de pessoas e negócio.

Na dimensão das pessoas, entre as dificuldades encontradas estão: falta de pessoal qualificado, resistência à mudança, falta de suporte da gerência, falta de treino e falta de colaboração e compartilhamento de informações. Assim, quando há o apoio e incentivo da alta gerência na implementação de conceitos inovadores, as pessoas se sentem mais confiáveis com as mudanças. A presença de pessoal especializado se mostrou um fator essencial para uma difusão bem-sucedida (HAJJ; JAWAD; MONTES, 2021).

Quanto ao negócio, algumas barreiras encontradas foram: questões de negócio e custo de investimento, falta de financiamento e falta de benefícios e ROI (Retorno Sobre Investimento) imediato. Essas barreiras se devem ao fato de que a empresa precisar fazer investimento no curto prazo, portanto, é preciso garantir que estes gastos venham a compensar com uma visão do valor que a empresa pode receber no longo prazo (HAJJ; JAWAD; MONTES, 2021).

Outro aspecto importante encontrado por Hajj, Jawad e Montes (2021) é a dimensão estrutural, como conhecimento e conscientização em cada etapa da implementação, a cultura da organização, regulamentações governamentais e a demanda dos clientes. Portanto, o estudo de Hajj, Jawad e Montes (2021) traz esta percepção da necessidade de uma cultura organizacional que promova confiança, colaboração e compartilhamento de informações.

Em seu estudo, Tauriainen et al. (2016) verificaram que diversos problemas na implementação do BIM acontecem juntos e que ferramentas *Lean*, principalmente o *Big Room*, são indicadas como potenciais removedoras de problemas. Porém, para a utilização em larga escala dessas ferramentas, uma cultura *Lean* deve ser implementada na estratégia da empresa.

Embora *Lean* e BIM possuam práticas sinérgicas, as ferramentas *Lean* baseadas em BIM necessitam de *stakeholders* experientes, treinados e engajados, sistemas de informação integrados e atualizados constantemente e investimentos em equipamentos, tecnologias com interfaces fáceis de usar e compreensão profunda da teoria da produção (SAIEG et al., 2018).

As descobertas trazidas corroboram com o que afirma Barros Neto (2016) de que os fatores técnicos não são suficientes para sustentar um processo de implementação profundo e contínuo. Portanto, é necessário investir profundamente no processo organizacional e nas pessoas, verdadeiros agentes de mudança, pois impactam diretamente na cultura organizacional. Tezel et al. (2020) alertam sobre a falta de trabalhos teóricos que explorem de forma crítica os parâmetros de implementação BIM e *Lean*, como *frameworks*, modelos de difusão, mecanismos de treinamento e fatores críticos de sucesso nas empresas.

Aslam, Gao e Smith (2021) afirmam que seria de grande ajuda se alguma pesquisa fosse feita para identificar as áreas nas quais ambas as abordagens podem se complementar. Isso forneceria uma imagem clara aos usuários a fim de direcionar áreas específicas para implementar *Lean* e BIM.

Quadro 10 - Principais descobertas da RSL

Barros Neto (2016)	Implementação de BIM deve ser enxergada como um processo estratégico.
Von Heyl e Demir (2019)	Gestão social da empresa precisa ser melhorado para que o BIM traga mais benefícios.
Ahuja, Sawhney e Arif (2018)	Novas adoções tecnológicas (como o BIM) somente serão bem-sucedidas se houver engajamento dos usuários reais.
Continua	

Continuação do Quadro 10

Mandujano et al. (2017)	Comprometimento gerencial dos níveis mais altos da hierarquia é crucial para a implementação do BIM.
Gómez-Sánchez, Ponz-Tienda e Romero-Cortés (2019)	<i>Lean</i> requer uma liderança facilitadora e habilidades <i>soft</i> . BIM torna a construção mais enxuta, porém, suas ferramentas podem tornar o processo mais difícil e instável, por isso, requer mais cautela e meticulosidade do <i>designer</i> .
Osorio-Gomez et al. (2020)	Aspectos internos (Processos, Informações e Cultura) e externos (Clientes e Contexto) influenciam na implementação de <i>Lean</i> e BIM. Nos aspectos internos a empresa possui mais controle e maior possibilidade de melhorar.
Harris e Alves (2016)	Os coordenadores BIM têm um papel fundamental na integração entre <i>Lean</i> e BIM, porque as sinergias irão se limitar ao quanto o indivíduo tem consciência sobre o BIM e de como este pode levar a um maior valor para os clientes, melhor fluxo e redução de desperdícios.
Bayhan et al. (2021)	Motivação da equipe e melhora nos canais de comunicação é fundamental para a composição de um modelo exequível e da integração <i>Lean</i> -BIM.
Fosse, Ballard e Fischer (2017)	Ter uma cultura <i>Lean</i> inovadora já implementada é um fator essencial para implementação de sucesso do BIM
Bolpagni, Burdi e Ciribini (2017)	Implementação de <i>Lean</i> e BIM necessita de uma definição clara dos requisitos do cliente; Líderes devem comandar o processo, com uma mudança interna, por meio de uma estratégia plurianual.
Mchugh, Dave e Craig (2019)	Mesmo utilizando um aplicativo que auxilia na integração <i>Lean</i> -BIM, esta integração só teve sucesso graças a uma equipe dedicada, uma cultura colaborativa apoiada pelo Diretor de Projeto e uma equipe de liderança totalmente comprometida com mudanças.
Mollasalehi et al. (2018)	Modelo de maturidade <i>Lean</i> e BIM
Evans et al. (2021)	Algumas barreiras para se alcançar o IPD são a falta de modelagem BIM obrigatória, falta de padrões e regulamentos da indústria estabelecidos pelos governos, altos custos de licenças de <i>softwares</i> BIM, resistência à mudança da indústria e elevado investimento em formação pessoal.
Hajj, Jawad e Montes (2021)	Barreiras para implementação de inovações envolvem as dimensões das pessoas (falta de pessoal qualificado, resistência à mudança, etc.), dos negócios (falta de financiamento, retorno sobre investimento demorado, etc.) e estrutural (conscientização em cada etapa de implementação, cultura, etc.).
Tauriainen et al. (2016)	Ferramentas <i>Lean</i> , em especial o <i>Big Room</i> , são indicadas como potenciais removedoras de problemas na implementação do BIM.
Saieg et al. (2018)	Ferramentas <i>Lean</i> baseadas em BIM necessitam de <i>stakeholders</i> experientes, treinados e engajados, sistemas de informação integrados e atualizados constantemente e investimentos em equipamentos, tecnologias com interfaces fáceis de usar e compreensão profunda da teoria da produção.

Fonte: Elaborado pela autora

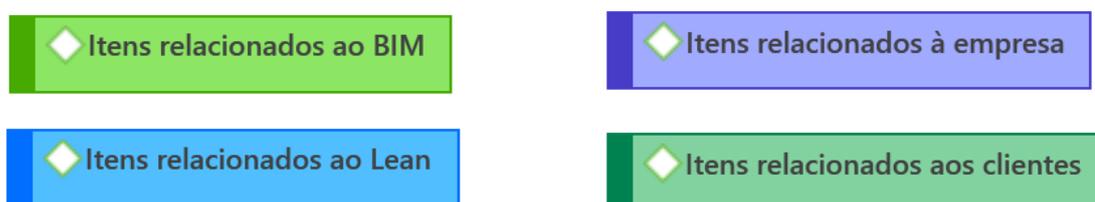
4.2 Entrevistas e análise de conteúdo

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos a partir das análises de conteúdo das entrevistas realizadas das empresas estudadas. Primeiramente, cada empresa foi retratada separadamente, a fim de extrair as experiências e pontos positivos e negativos encontrados por cada uma. Desta forma, esta seção cumpre com os objetivos específicos de descrever as implementações *Lean* e BIM nas empresas participantes e de identificar os benefícios da integração entre *Lean* e BIM nestas empresas.

Posteriormente os resultados de todas as empresas foram triangulados entre si e com a literatura encontrada na RSL, para se identificar pontos convergentes entre as implementações e integrações para que se pudesse atingir uma generalização para o setor da construção civil a partir das práticas realizadas pelas empresas participantes deste estudo. Assim, se cumpre com os objetivos específicos de analisar a relação da integração *Lean* e BIM com os aspectos estratégicos das empresas, e com o objetivo geral de avaliar o processo de integração entre BIM e *Lean Construction* em empresas de construção sob a perspectiva estratégica.

Nos diagramas extraídos do Atlas.ti, quando possível, foram identificados os itens que estavam mais relacionados ao *Lean*, ao BIM, à empresa e aos clientes, como mostrado na Figura 23.

Figura 23 - Cores dos diagramas exportados do Atlas.ti



Fonte: Elaborado pela autora

4.2.1 Empresa A

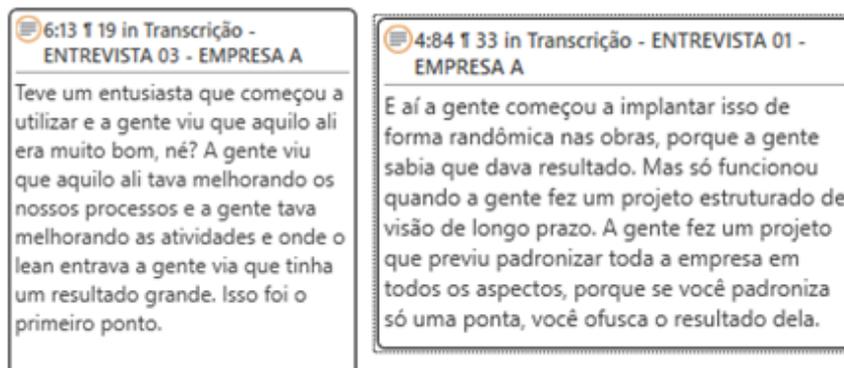
A empresa A é conhecida nacionalmente e possui mais de 70 anos de experiência em grandes projetos industriais, obras de infraestrutura, além de obras de mobilidade urbana, energia, óleo e gás. Está inserida no mercado de construção civil pesada e se classifica como *General Contractor*, ou seja, trabalha com qualquer tipo de construção ou contrato.

A empresa está desde 2018 com a iniciativa de implantar o BIM em todos os seus projetos ligados à Diretoria de Engenharia, entretanto já trabalha com *cases* de projetos em BIM há cerca de 5 anos. Quanto ao *Lean*, a empresa já conta com mais de 10 anos de experiência e possui um Sistema de Excelência em *Lean*. Atualmente, um dos direcionadores estratégicos da empresa envolve integrar *Lean*, BIM e inovação, por meio de um projeto estruturante que busca alcançar o máximo de benefício que a integração BIM e *Lean* possa trazer para a empresa.

Primeiramente, um ponto importante sobre a empresa A foi o modo como foram implementados o *Lean* e o BIM. Inicialmente, um funcionário da empresa, entusiasta da filosofia, implementou o *Lean* em um projeto piloto em 2010. Este projeto piloto demonstrou que o *Lean* é capaz de melhorar os processos e atividades e por onde o *Lean* passava os resultados eram bons (Figura 24).

Por causa disso, a empresa resolveu implementar o *Lean* em algumas de suas obras de forma isolada, como vários casos piloto. Porém, perceberam que, apesar de ter muitos ganhos, a empresa como um todo não estava padronizada. Desta forma, a empresa elaborou um plano de implementação estruturada, para enxugar seus processos em todas as suas camadas e estabelecer os mesmos padrões e indicadores em todas as obras, para que os funcionários que fossem de uma obra para outra conseguissem trabalhar da mesma forma.

Figura 24 - Bons resultados com *Lean*

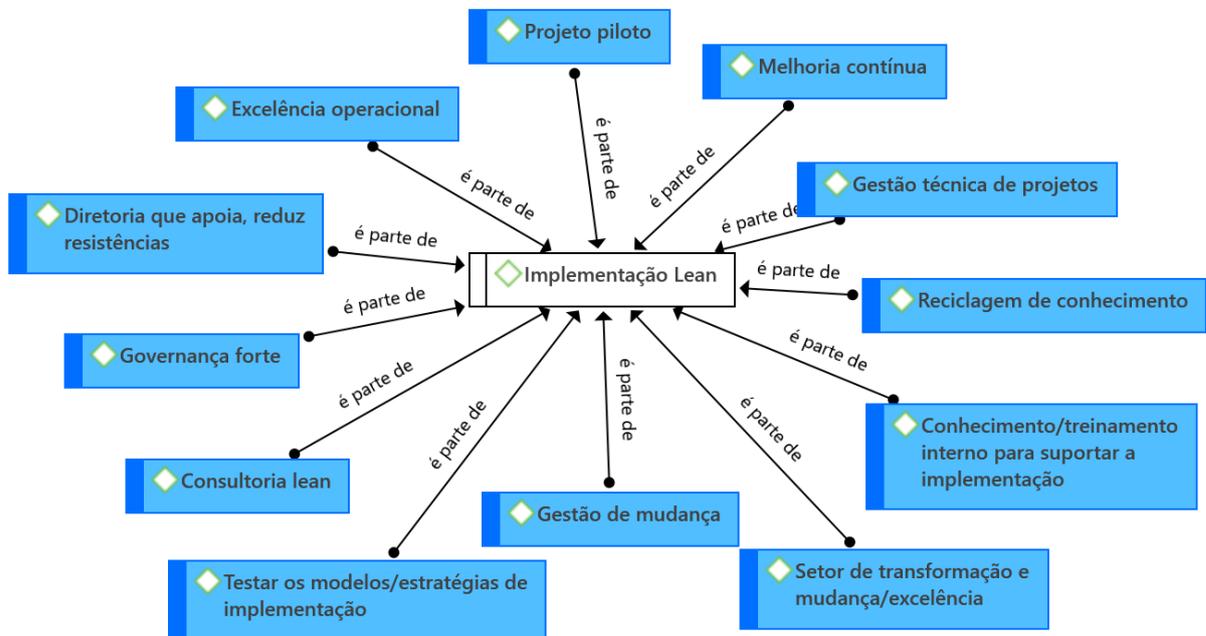


Fonte: Elaborado pela autora

A implementação estruturada de *Lean* permaneceu entre 2014 e 2017 como um projeto e depois de transformou em um Sistema de Excelência, no qual a empresa sempre busca por melhoria contínua. Sobre implementação estruturada e no sistema de gestão *Lean* de excelência da empresa, os principais pontos elencados pelos entrevistados foram: diretoria forte que quebra resistências, um setor próprio para implementação de *Lean*, conhecimento/treinamento para suportar a implementação, possuir uma gestão de mudança para preparar os diversos setores para a transformação trazida pelo *Lean*, possuir uma consultoria

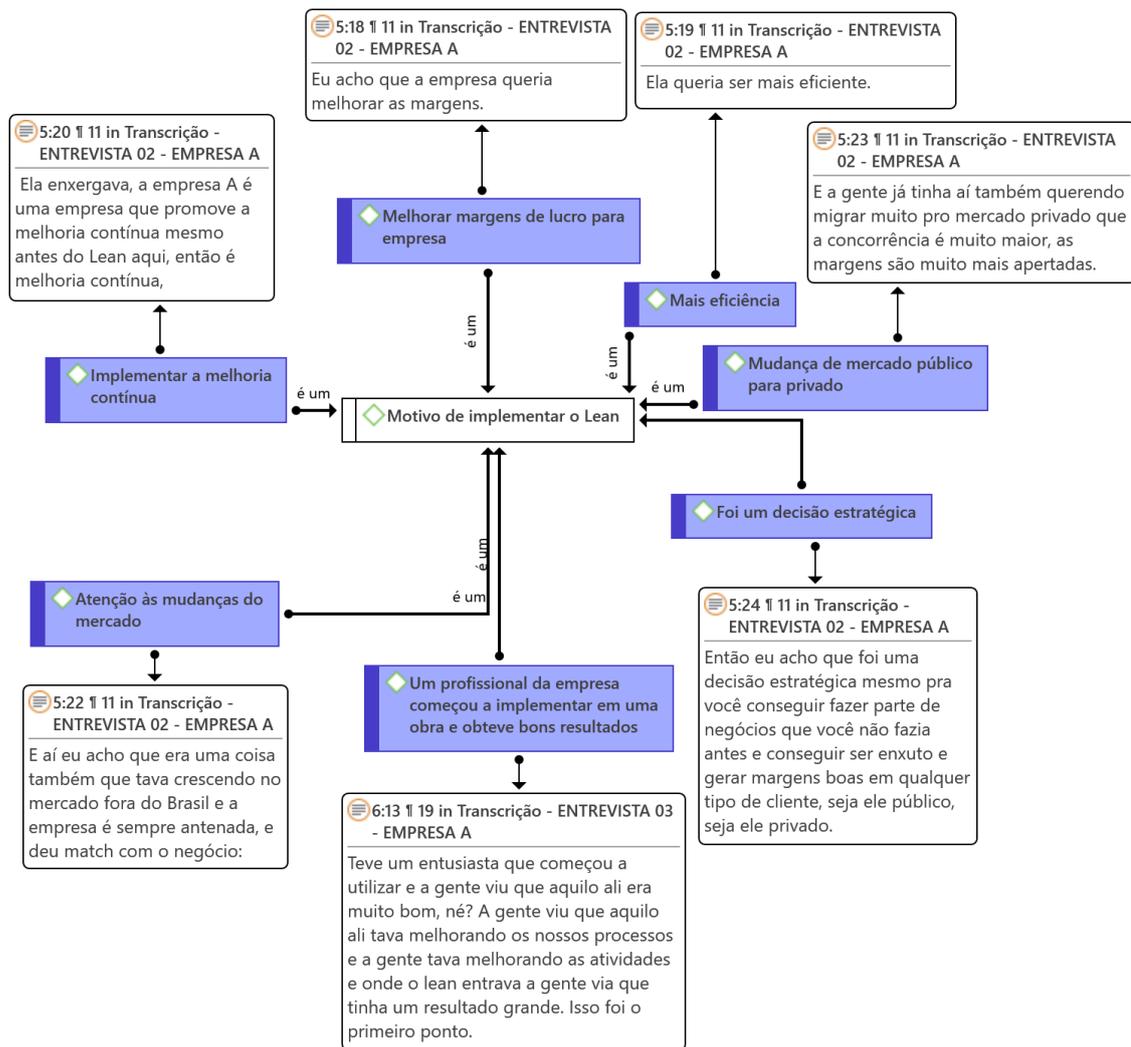
Lean no começo do processo, mas, posteriormente, conseguir suprir suas necessidades com pessoal próprio da empresa. Outros pontos podem ser observados na Figura 25.

Figura 25 - Implementação de *Lean* – empresa A



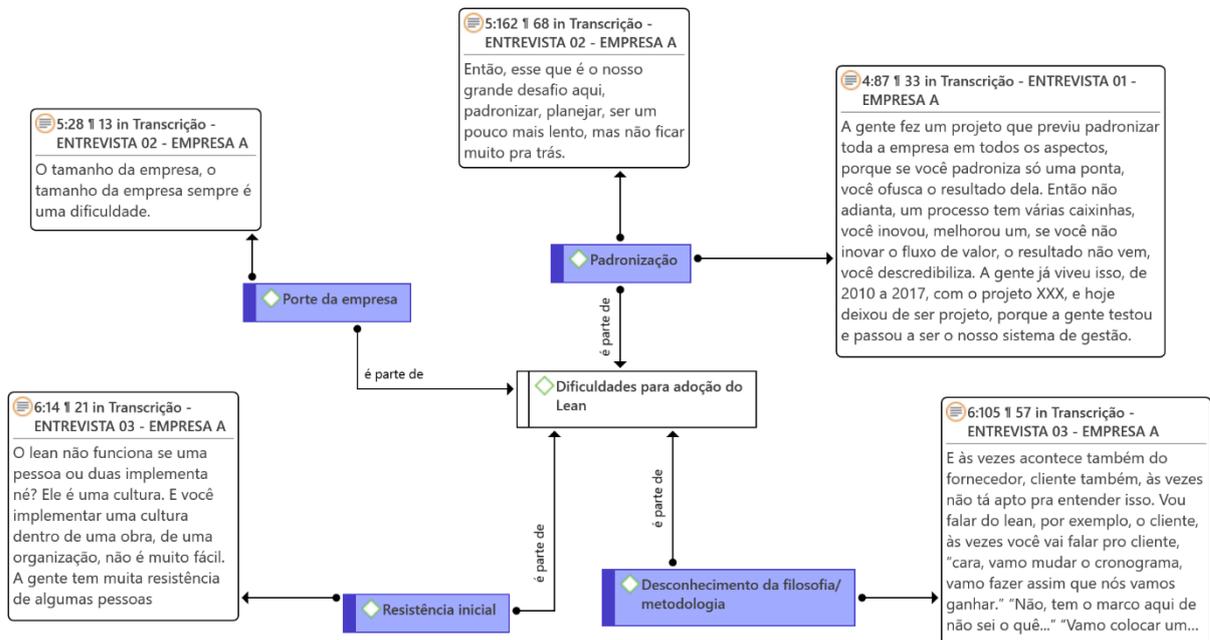
Fonte: Elaborado pela autora

Entre os pontos enumerados pelos entrevistados que motivaram a busca por essa implementação estruturada foram citados (Figura 26): mais eficiência, melhorar as margens, melhoria contínua e atenção às mudanças do mercado. Um outro motivo importante foi que a empresa concorria a licitações no mercado público e passou para o mercado privado, no qual a concorrência é maior e as margens de lucro são bem mais disputadas.

Figura 26 - Motivo de implementar o *Lean* – empresa A

Fonte: Elaborado pela autora

Como desafios para implementação *Lean* (Figura 27), os entrevistados citaram principalmente o desconhecimento da filosofia por parte dos funcionários, fornecedores e clientes, o que leva a uma resistência inicial dos que fazem parte da corporação; e o porte da empresa que é uma dificuldade principalmente para a padronização de todos os processos e fluxos, uma vez que se trata de uma empresa de grande porte.

Figura 27 - Dificuldades para adoção do *Lean* - Empresa A

Fonte: Elaborado pela autora

Porém, apesar das dificuldades, os entrevistados listaram diversos benefícios graças ao uso do *Lean*, como pode ser visto na Figura 28. Dentre estes benefícios, o mais citado foi padronização, mencionado 19 vezes ao longo das três entrevistas. Posteriormente, os mais citados foram mudança cultural, antecipar problemas, excelência operacional, produção puxada e aumento da transparência.

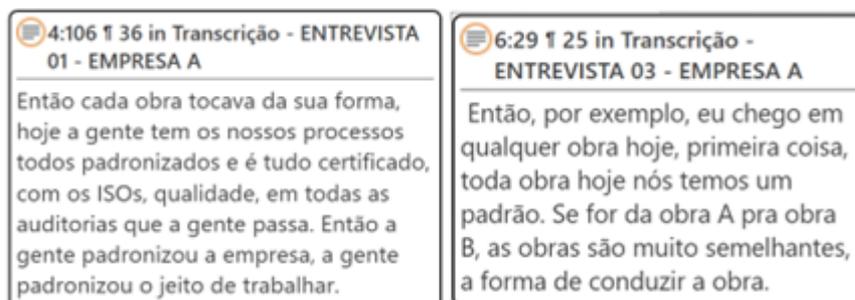
Quanto à padronização, os entrevistados a apontaram como um desafio a ser vencido no início, mas que se tornou um benefício pois diminuiu a curva de aprendizado dos funcionários quando estes precisam migrar de uma obra para outra, pois encontram as mesmas rotinas, mesmos indicadores e mesmo sistema de gestão. Além disso, demonstra maior consistência no trabalho aos olhos dos clientes quando estes visitam diversas obras e todas elas são executadas da mesma forma.

Além disso, a padronização (Figura 29) permitiu enxugar a empresa e, portanto, reduzir os seus desperdícios, tanto em relação a suprimentos e tarefas desnecessárias, como também em processos e burocracias nos diversos setores da empresa. Isto foi apontado, mais tarde, como uma vantagem também no momento da implementação de BIM.

Figura 28 - Contribuições do *Lean* – Empresa A



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 29 – Padronização trazida pelo *Lean*

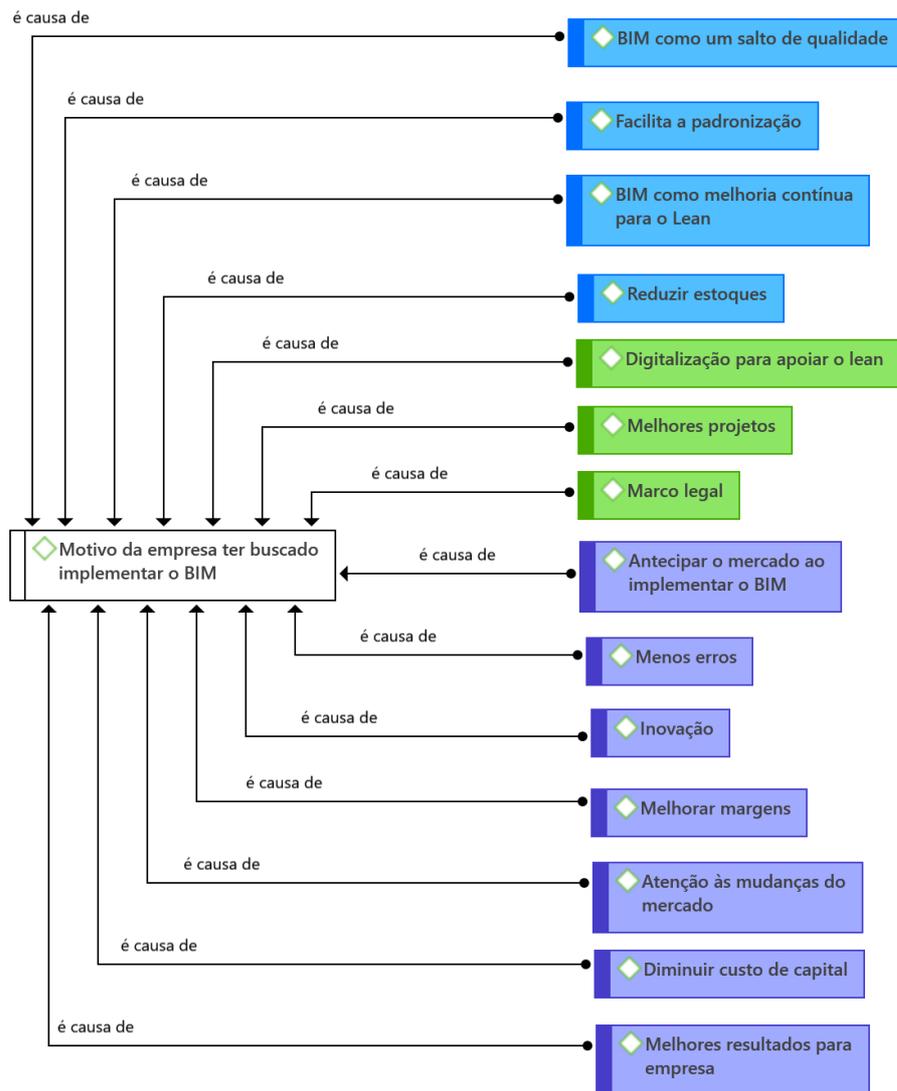
Fonte: Elaborado pela autora

Quando perguntados sobre os motivos que levaram a empresa a implementar o BIM, os entrevistados relacionaram o BIM diretamente ao *Lean*, e comentaram que desde o princípio eles perceberam que havia uma sinergia entre BIM e *Lean*. Ademais, diversos motivos levaram a empresa a buscar a implementação (Figura 30), entre eles: atenção às mudanças do mercado; a obrigatoriedade da adoção do BIM que aconteceria dali a pouco tempo e oportunidade de melhoria do *Lean*, uma vez que, com o BIM, é possível padronizar diversas representações de projeto, modos de execução de atividades, formas de exportar informações dos projetos, entre outros.

Um outro ponto bastante falado pelos entrevistados foi a importância do BIM para gestão de suprimentos, como extração de quantitativos e especificação de materiais mais confiável. Para eles, o BIM aumentou a exatidão e velocidade dos pedidos para com os fornecedores, evitando erros, que em obras de grande porte podem causar grandes desvios de recurso. Além disso, deixa todo o processo mais transparente e rastreável, para auditorias que possam vir a acontecer.

Para implementar o BIM, os entrevistados relataram que os diretores observaram as mudanças no mercado (espelhados nas experiências da Inglaterra, Estados Unidos e Chile, por exemplo), o que os levou a buscar conhecer mais e decidir por implementar o BIM na empresa, por volta dos anos de 2018 e 2019.

Figura 30 - Motivo da empresa A ter buscado implementar o BIM



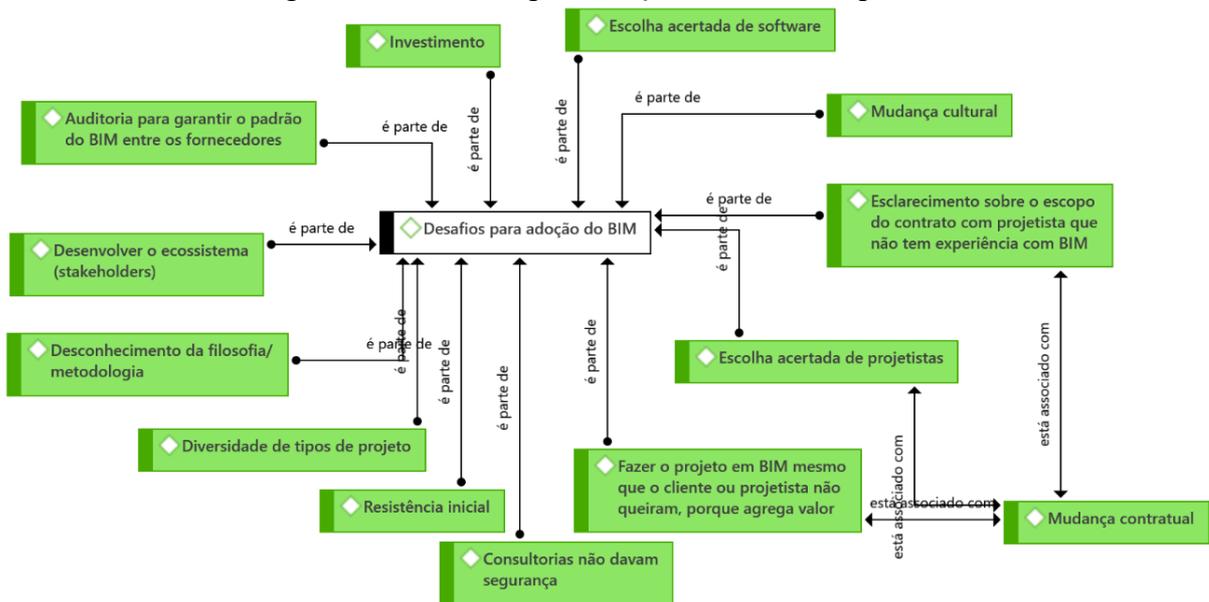
Fonte: Elaborado pela autora

Como desafios (Figura 31), foi apontado primeiramente a resistência inicial tanto do pessoal da empresa, como também dos projetistas terceirizados. No início da implementação, os projetistas continuaram fazendo seus projetos em 2D e a empresa adicionava mais uma etapa nessa fase, para um outro projetista modelar o projeto em BIM. Mesmo havendo certo atraso na concepção dos projetos, ainda havia um ganho na etapa de extração de quantitativos, na facilidade de entendimento do projeto na etapa de execução, no uso do projeto para planejar e acompanhar o cronograma e levantamento de restrições junto com planejamento puxado do *Last Planner System*. Porém, com o passar do tempo, a empresa deixou de aceitar projetos 2D e passou a exigir que os projetos fossem modelados em BIM, muitas vezes

subsidiando treinamentos para os projetistas. Assim, os benefícios foram se somando com o avançar das fases de implementação.

Entre os desafios para implementar o BIM (Figura 31) está o desconhecimento do setor acerca do BIM, o que levou à necessidade de desenvolver os *stakeholders* que não estavam preparados para trabalhar com o BIM. Além disso, outra dificuldade era a grande diversidade de projetos que a empresa trabalha, o que faz a quantidade de treinamentos e padronizações aumentar; e consultorias que não garantiam o conhecimento necessário para ajudar a empresa na implementação, devido ao porte da empresa.

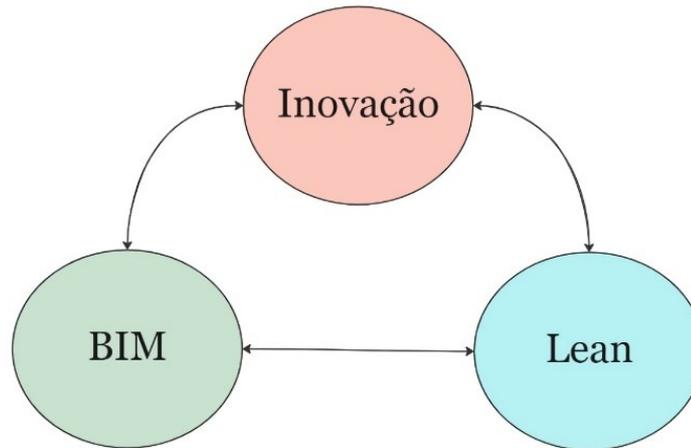
Figura 31 - Desafios para adoção do BIM - empresa A



Fonte: Elaborado pela autora

A empresa começou a implementação da mesma forma que o *Lean*, com um projeto piloto e posteriormente passou a preparar um projeto estruturante para unificar os padrões e treinar toda a empresa para trabalhar da mesma forma. O diferencial da implementação do BIM para o *Lean* foi que a empresa adotou como direcionador estratégico a integração entre *Lean*, BIM e inovação, o que fez com que a implementação do BIM já fosse feita em um formato enxuto, sendo bastante pensada pela diretoria e implementada de forma rápida.

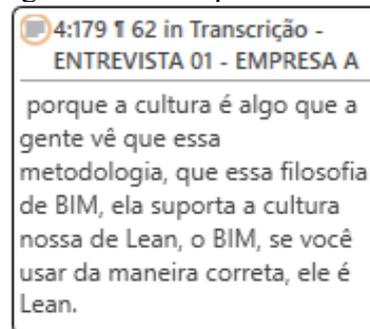
Figura 32 - Direcionadores estratégicos da empresa A



Fonte: Elaborado pela autora

O projeto estruturante para implementação de BIM foi pautado em: fazer a implementação planejada e pensada de forma estratégica pela diretoria; adaptar os processos da empresa para receber o BIM; implementar de forma transversal, isto é, não somente em cada contrato, como projetos piloto, mas de forma padronizada para toda a empresa; e implementar o BIM para tornar a empresa mais *Lean* (Figura 33).

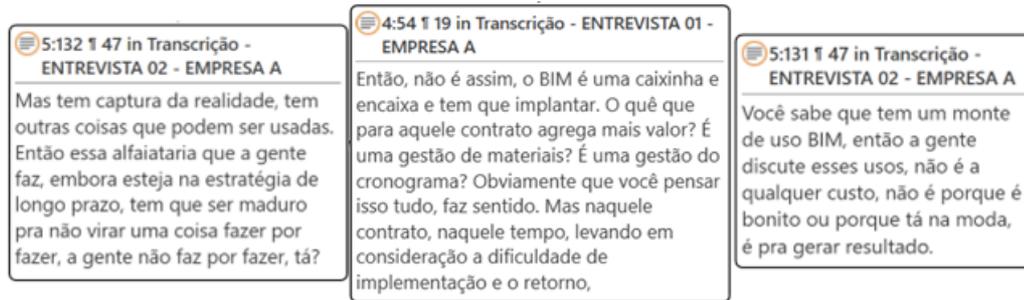
Figura 33 - BIM pode ser *Lean*



Fonte: Elaborado pela autora

Além disso, todos os entrevistados falaram da importância de utilizar o BIM de forma personalizada em cada obra, em outras palavras, definir quais funcionalidades BIM seriam utilizadas para alcançar um maior desempenho, contrastando com tempo e custos disponíveis, como mostrado na Figura 34.

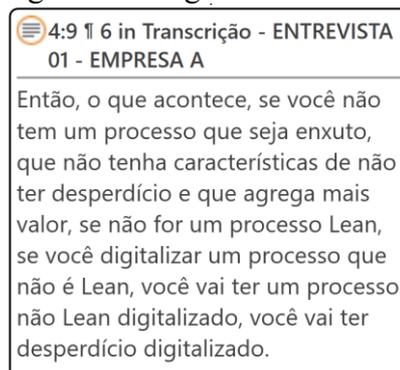
Figura 34 - Utilização do BIM de forma personalizada para as necessidades de cada contrato



Fonte: Elaborado pela autora

A implementação BIM também levou em consideração o conhecimento trazido pelo *Lean*, uma vez que, digitalizar algo que não é *Lean* é como digitalizar desperdício, como afirma o entrevistado 01 (Figura 35).

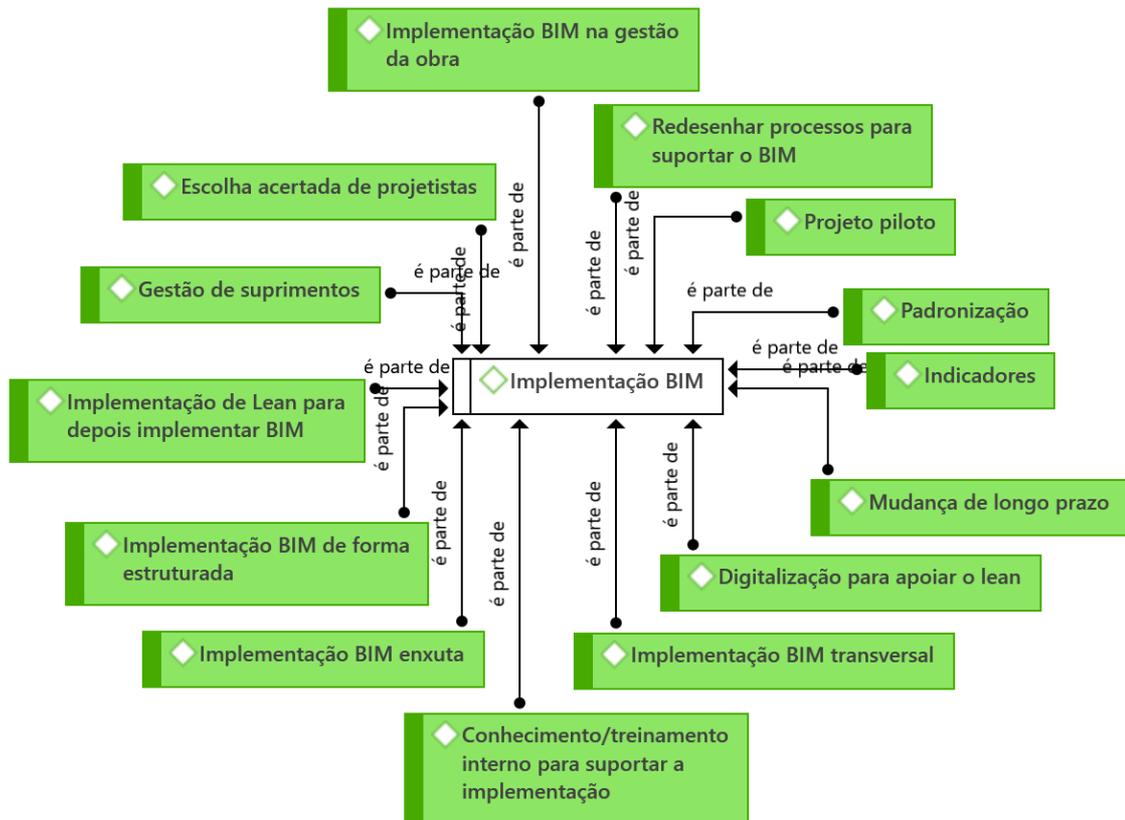
Figura 35 - Digitalizar sem *Lean*



Fonte: Elaborado pela autora

Todos os critérios trazidos ao longo do texto sobre a implementação BIM, estão resumidos na Figura 36.

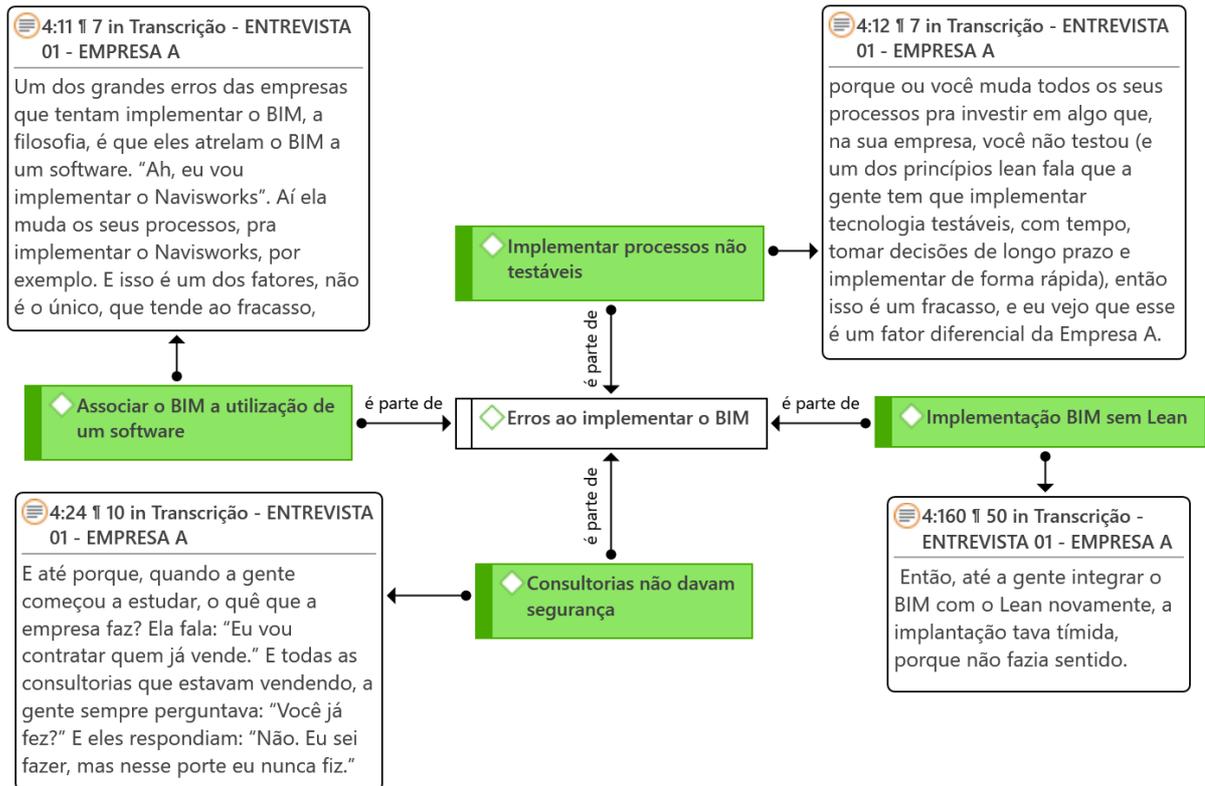
Figura 36 – Implementação BIM – Empresa A



Fonte: Elaborado pela autora

Um dos entrevistados ainda citou pontos que ele acredita que são erros ao implementar o BIM, como pode ser visto na Figura 37. Segundo este entrevistado, os pontos mais críticos na implementação BIM são: associar o BIM a um software específico, como se ao utilizar um software BIM já fosse suficiente para se considerar como implementação BIM de sucesso; consultorias que não dão segurança, que podem indicar caminhos não otimizados para a empresa; implementar processos não testáveis, ou seja, é necessário que seja possível testar os processos que serão implementados para verificar se faz sentido para a empresa; e por último, implementar BIM sem *Lean*, portanto, já possuir o *Lean* consolidado é ponto crucial na implementação BIM, na opinião deste entrevistado.

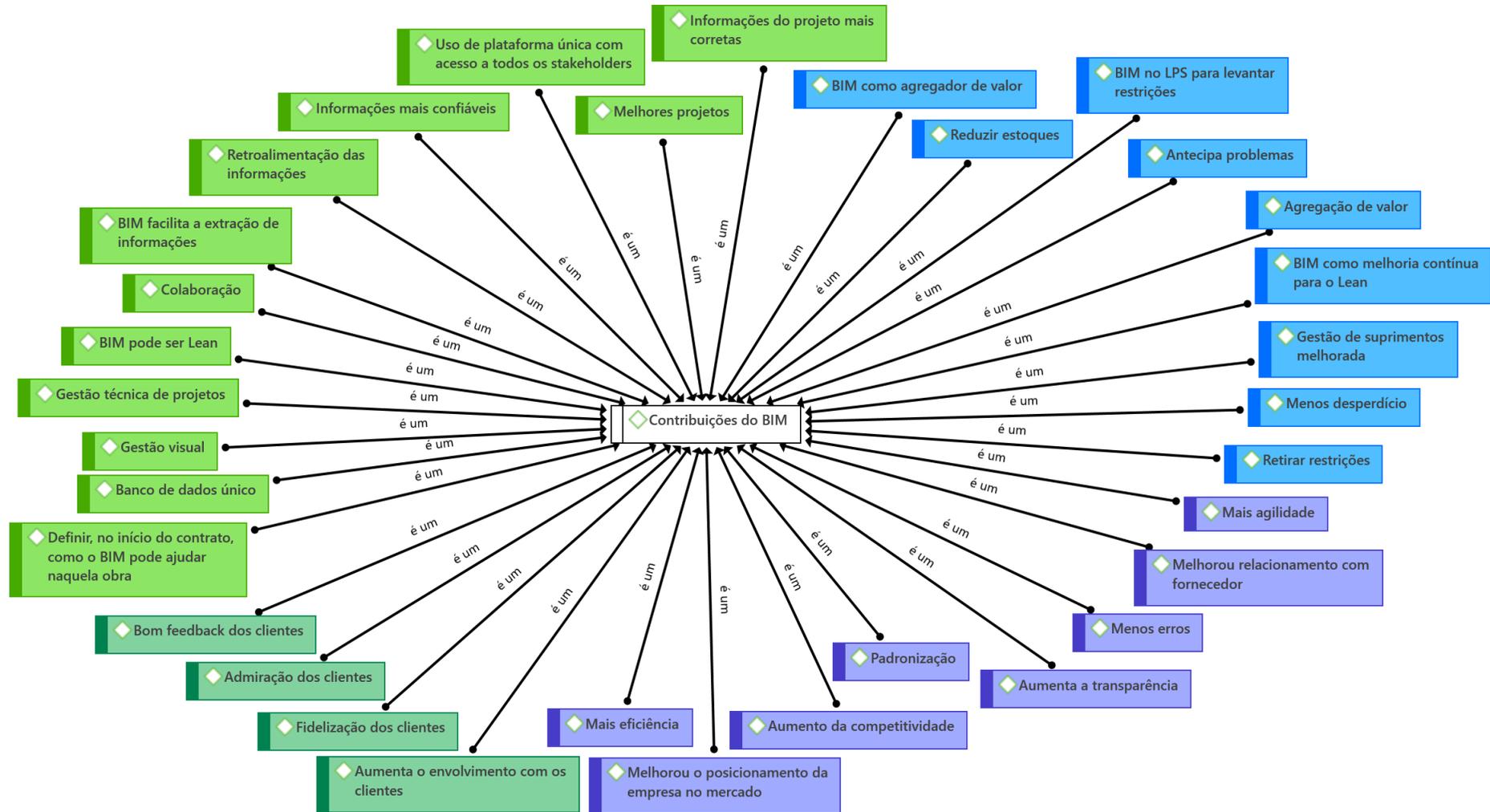
Figura 37 - Erros ao implementar o BIM



Fonte: Elaborado pela autora

Os entrevistados apontaram diversos benefícios da implementação do BIM na empresa, como: projetos melhores, informações mais confiáveis, melhor gestão de suprimentos, antecipar problemas, retirar restrições, reduzir estoques, melhorar as margens da empresa, aumentar a transparência, melhora do posicionamento da empresa no mercado, entre outros. Os benefícios enumerados pelos entrevistados podem ser encontrados na Figura 38.

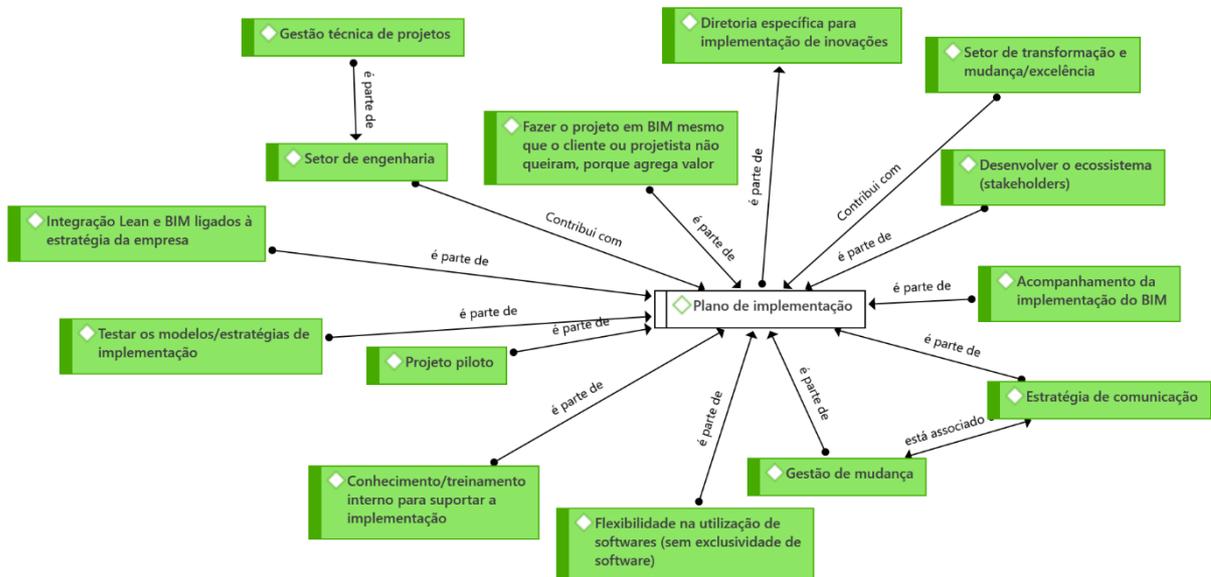
Figura 38 - Contribuições do BIM – Empresa A



Fonte: Elaborado pela autora

Segundo os entrevistados, ter um plano de implementação bem estruturado foi significativo para o sucesso da implementação. Como o plano foi feito pela própria empresa para uso interno, os entrevistados não puderam fornecer os documentos referentes ao plano. Porém, a partir das suas respostas foi possível inferir alguns pontos importantes que foram citados ao longo das entrevistas, como: conhecimento/treinamento interno para suportar a implementação; gestão de mudança; integração *Lean* e BIM ligados à estratégia da empresa; diretoria específica para implementação de inovações; e desenvolver o ecossistema (*stakeholders*).

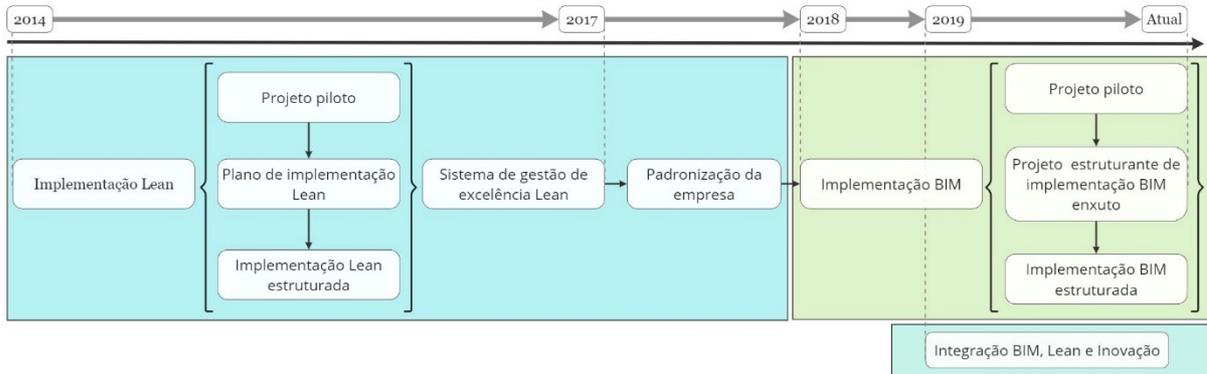
Figura 39 - Plano de implementação BIM – Empresa A



Fonte: Elaborado pela autora

A partir das entrevistas também foi possível delinear uma linha do tempo de implementação *Lean*, implementação BIM e integração *Lean* e BIM na empresa A (Figura 40). Importante salientar que os entrevistados destacaram que as implementações começaram com projetos piloto, porém só ficaram consistentes quando passaram a integrar um projeto de implementação estruturado.

Figura 40 - Linha do tempo de implementação *Lean* e BIM - Empresa A

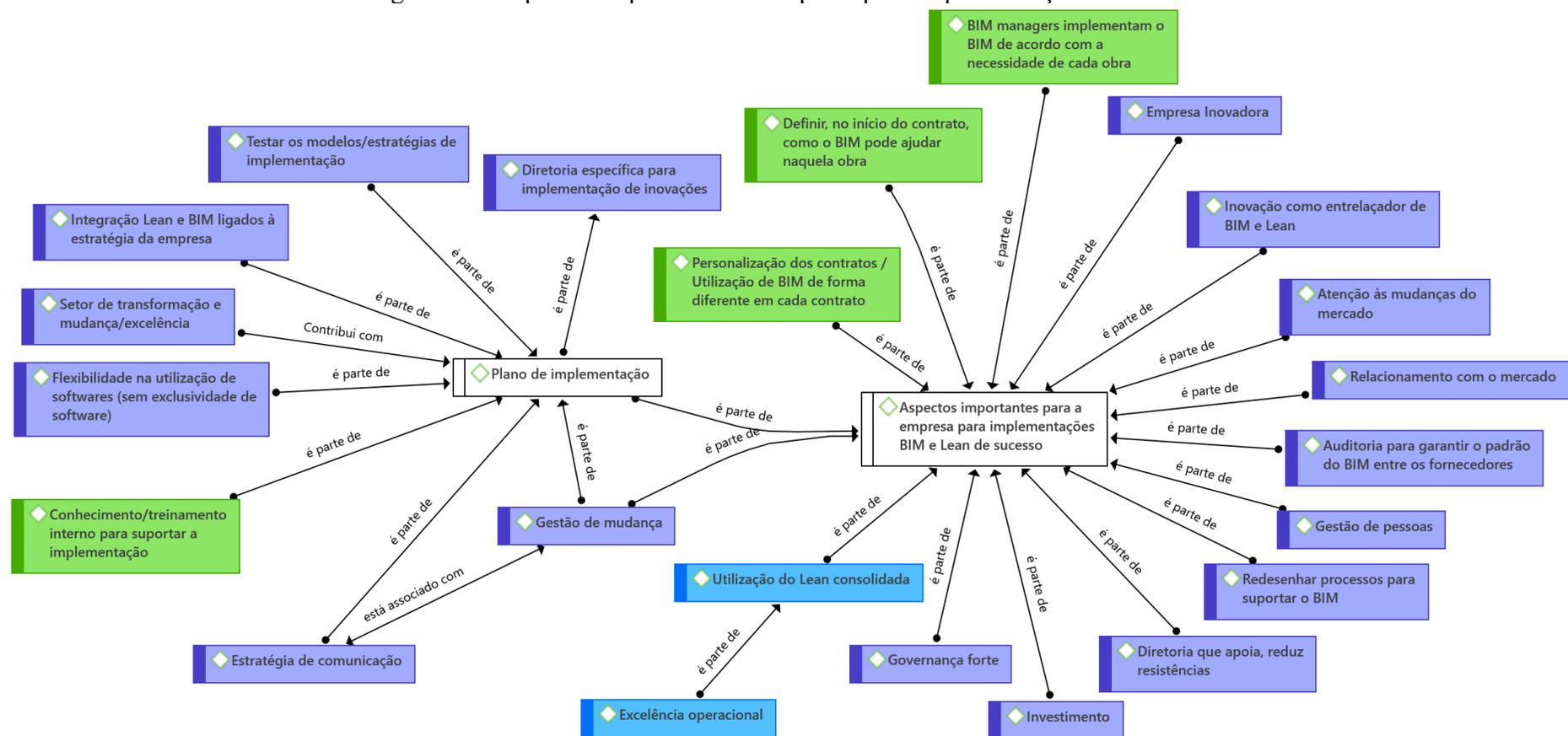


Fonte: Elaborado pela autora

Segundo os entrevistados, a empresa possui diversas características que auxiliaram na implementação de inovações como *Lean* e BIM com sucesso (Figura 41), como por exemplo: uma governança forte, investimento garantido e uma diretoria que apoia e quebra resistências, uma vez que tanto no *Lean* como no BIM a alta diretoria da empresa apoiou, liderou e apontou as direções para as implementações.

Uma forma bem específica da empresa trabalhar, e que também foi apontado como vantagem, é escolher o que usar do BIM em cada projeto. Antes de fechar o contrato, o setor responsável avalia quais usos do BIM agregarão valor para aquele projeto especificamente, e inclui os gastos devidos a esse uso no valor do contrato, de forma que a empresa utiliza o BIM mesmo que o cliente não solicite. Dessa forma, os usos do BIM na empresa são padronizados, porém, quais usos serão aplicados varia de acordo com cada contrato.

Figura 41 - Aspectos importantes da empresa para implementações de sucesso



Fonte: Elaborado pela autora

A implementação de BIM foi pautada desde o princípio pelos conhecimentos de *Lean* já trazidos pela empresa, como mostram os trechos das entrevistas trazidos na Figura 42.

Figura 42 – Implementar o BIM de forma enxuta

<p>6:66 37 in Transcrição - ENTREVISTA 03 - EMPRESA A</p> <p>Então a ideia nossa é padronizar a empresa pra receber isso (o BIM), e a gente estar preparado pra atender todas as obras da mesma forma. Além de todas as formas, e entender de ponta a ponta, desde o orçamento: surgiu uma obra pra a gente orçar e tudo, desde o fornecedor da proposta lá, dentro do orçamento, até a execução, desmobilização lá da obra lá, então durante esse ciclo todo a gente utilizar isso e isso ficar, vamo falar assim, o histórico dentro da obra. Então a gente cria os KPIs (Key Performance Indicator - Indicador-Chave de Desempenho) através disso.</p>	<p>4:15 8 in Transcrição - ENTREVISTA 01 - EMPRESA A</p> <p>Então, antes de falar de BIM, você precisa de uma empresa que tenha processos enxutos.</p>
	<p>4:20 9 in Transcrição - ENTREVISTA 01 - EMPRESA A</p> <p>E a gente sabia que, como a filosofia lean, a gente precisa ter a melhoria contínua, porque o que você não melhora, ele não tende a se manter não, ele tende a piorar. Então a gente tá sempre melhorando. E aí, a gente sabia que tinha esse movimento BIM começando.</p>

Fonte: Elaborado pela autora

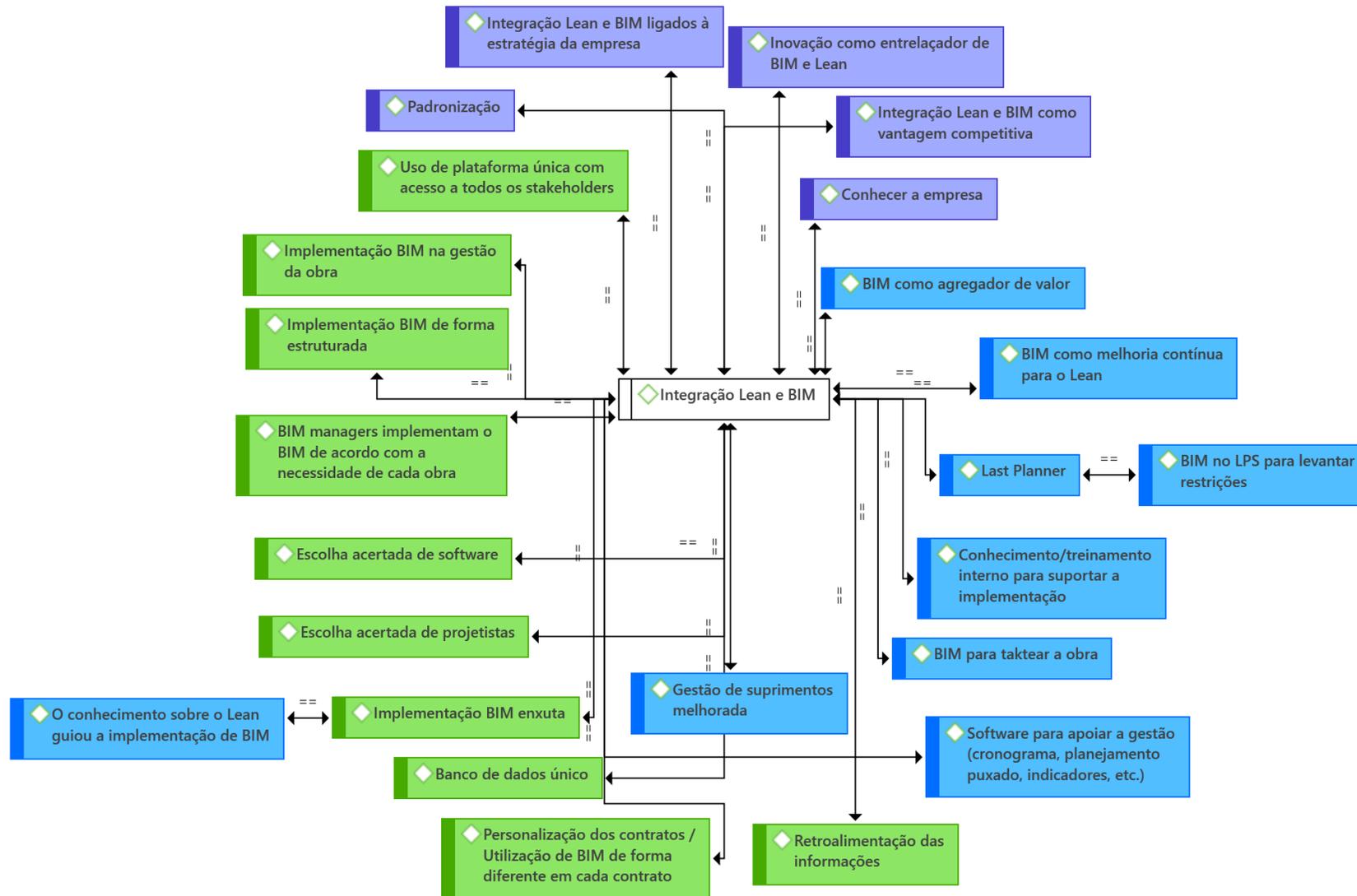
Da mesma forma, na utilização do BIM foi sempre buscado alcançar princípios *Lean*, de tal forma que o BIM muitas vezes pode ser considerado como uma ferramenta *Lean* (Figura 43).

Figura 43 – BIM como ferramenta *Lean*

<p>6:74 42 in Transcrição - ENTREVISTA 03 - EMPRESA A</p> <p>Então, o lean e o BIM, a gente quis unir as duas forças, porque a gente vê que o nosso sistema de excelência, a gente quer sempre melhorar. E uma das etapas importantes dele é o levantamento de restrição. O LPS é levantamento de restrição no fundo. Levantamento de restrição é você poder atuar ali semana a semana e ter fluxo contínuo e o BIM veio agregar valor nesse momento pra a gente fazer isso. Então a gente levanta restrição já na engenharia, a gente levanta restrição no nosso método ali, a gente tem um desenho de rotina pra a gente fazer ali. Tem o lookahead que a gente utiliza o BIM, o desenho de BIM pra levantar restrições também em algumas reuniões nossas. A gente utiliza também na programação semanal. O quê que tá pronto? O quê que não tá? É a gestão visual do BIM né</p>	<p>6:79 42 in Transcrição - ENTREVISTA 03 - EMPRESA A</p> <p>Então, por exemplo, a gente gosta de fazer produto takt, vamos dizer assim, como taktar uma obra solar? Cara, com o BIM seria possível né? Se a gente fatesse, dependendo da forma que a gente fizesse ali, de forma que a gente dividisse a quebra, a gente poderia extrair os quantitativos da forma que a gente precisasse: "ah, eu quero os quantitativos por grandes parques, eu quero o quantitativo por sequência." E isso facilita a gente no levantamento, de fazer takteamento, fazer planejamentos. Então você extrai informações ali mais fácil.</p>
<p>6:83 42 in Transcrição - ENTREVISTA 03 - EMPRESA A</p> <p>Hoje, na gestão dos nossos materiais também, utilizando todo o BIM pra fazer a gestão dos nossos materiais e fazer essa gestão de materiais casada com justamente isso que eu acabei de falar aqui.</p>	<p>6:80 42 in Transcrição - ENTREVISTA 03 - EMPRESA A</p> <p>Eu mesmo já fiz muito levantamento em obra que eu participei, de hospital, obras que eu tinha que levantar os quantitativos: ah, agora eu quero por quarto. Eu quero dividir agora por andar. Eu dividir agora..." E isso, imagina, fazer tudo na mão lá, pegar a planilha e tal. No BIM não, no BIM você vai ali, seleciona.</p>

Fonte: Elaborado pela autora

Na Figura 44 é possível ver todos os pontos abordados nas entrevistas que se mostraram importantes para a integração BIM e *Lean* na empresa, dentre eles estão alguns pontos ligados à empresa, pontos ligados ao *Lean* e pontos ligados ao BIM.

Figura 44 - Integração *Lean* e BIM – Empresa A

Fonte: Elaborado pela autora

Quanto aos pontos relacionados a empresa (Figura 44), foi importante que a integração estivesse ligada a visão estratégica de longo prazo da empresa, e que esta integração tenha envolvido também a inovação, para que a empresa esteja a par de tudo o que está sendo desenvolvido para auxiliar o setor da construção a se atualizar e industrializar. Fora isso, essa integração fez com que a empresa alcançasse uma vantagem competitiva em relação aos seus concorrentes.

Com relação ao *Lean*, o BIM foi um salto na melhoria contínua do *Lean*, capaz de agregar valor ao permitir um levantamento de restrições mais consistente no LPS, por permitir lotear e dar ritmo de produção uma obra e fazer linhas de balanço em obras que não são repetitivas e possibilitar a utilização de diversos softwares BIM que auxiliam na gestão e no cumprimento de cronograma e orçamentos.

Já em relação ao BIM, a integração na empresa A abrangeu a padronização na forma de modelar, de extrair informações, de enviar quantitativos para fornecedores, a utilização de banco de dados único, com acesso a todos os *stakeholders*, entre outros tipos de padronização; a escolha acertada de projetistas, que eram capazes de entregar os projetos no padrão da empresa A; o uso de BIM de acordo com as necessidades de cada contrato; a retroalimentação de informações que podem alimentar o sistema *Lean* com melhorias contínuas que podem se tornar novos padrões, entre outros.

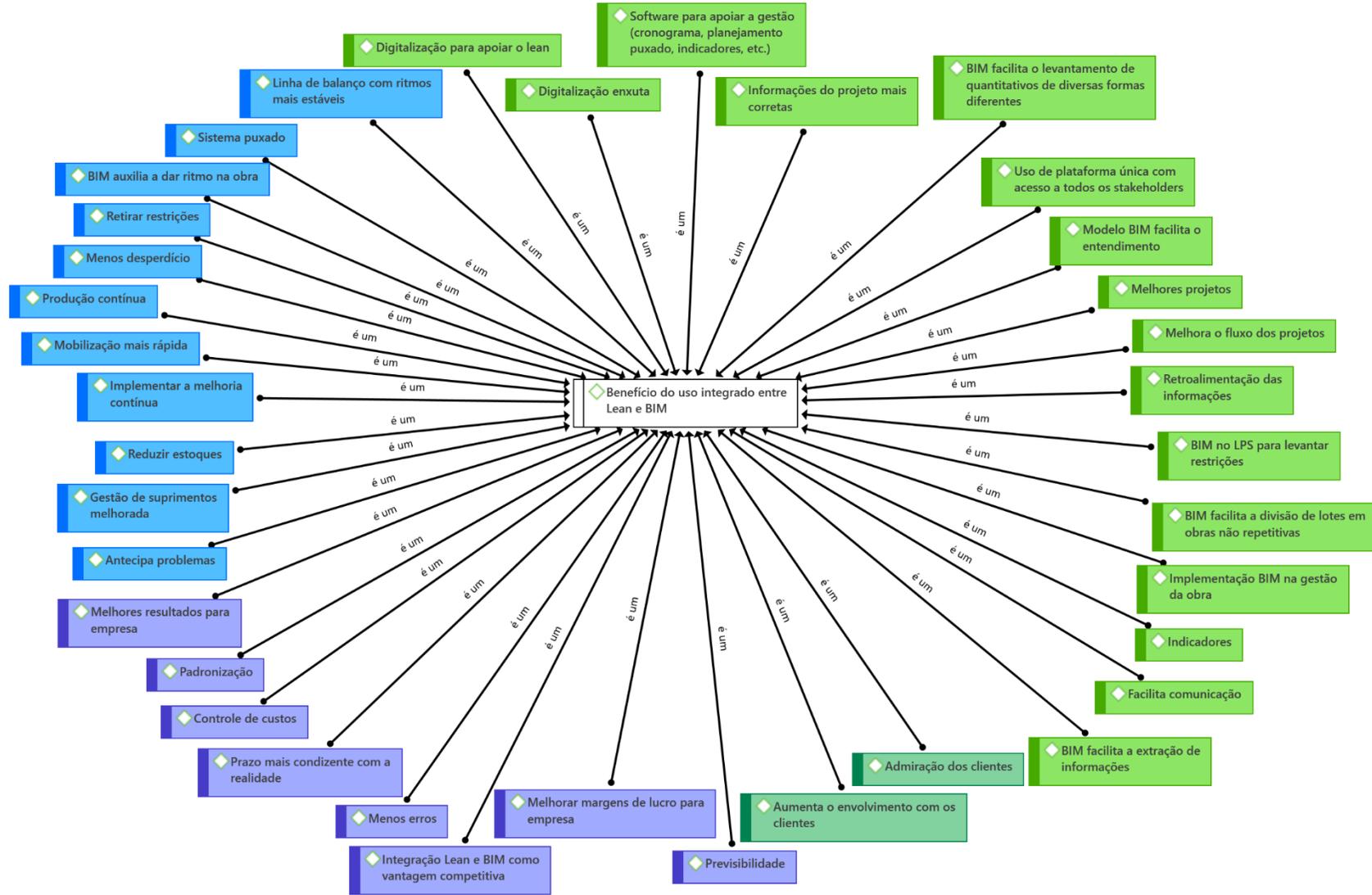
Mesmo que existam muitos pontos positivos na integração entre *Lean* e BIM, todo tipo de mudança desse porte em uma empresa encontra dificuldades. Os desafios apontados pelos entrevistados para integração de *Lean* e BIM envolveram (Figura 45): resistência inicial; gestão de mudança; desenvolver os stakeholders tanto em BIM como em *Lean*; visão diferente entre especialistas BIM e gestores *Lean* que precisam trabalhar juntos; falta de empresas capacitadas; e falta de exigência do mercado.

Como contribuições (Figura 46), ficou evidente que tanto existem benefícios do BIM para com o *Lean* como vice-versa. Os benefícios envolvem: melhor levantamento de restrições do LPS; levantamento e especificações de materiais mais confiáveis; redução dos estoques, o que possibilita trabalhar mais próximo do *Just in Time*; antecipação dos problemas; manutenção do sistema puxado; dar ritmo à obra; levantamento de quantitativos de forma mais assertiva e de diversas formas diferentes.

Além disso, com o uso conjunto de BIM e *Lean* é mais fácil se atingir outros níveis de padronização; obter fluxos de projetos mais otimizados; ter projetos de mais fácil entendimento; ter mais transparência e uma comunicação mais clara; e assertividade nas informações do projeto.

Tudo isso traz diversos ganhos para empresa e para os clientes finais, como: maior previsibilidade, controle de custos; cumprimento de prazos; melhora de margens; menos erros; maior vantagem competitiva e melhor posicionamento no mercado; indicadores mais claros e assertivos; admiração e fidelização dos clientes.

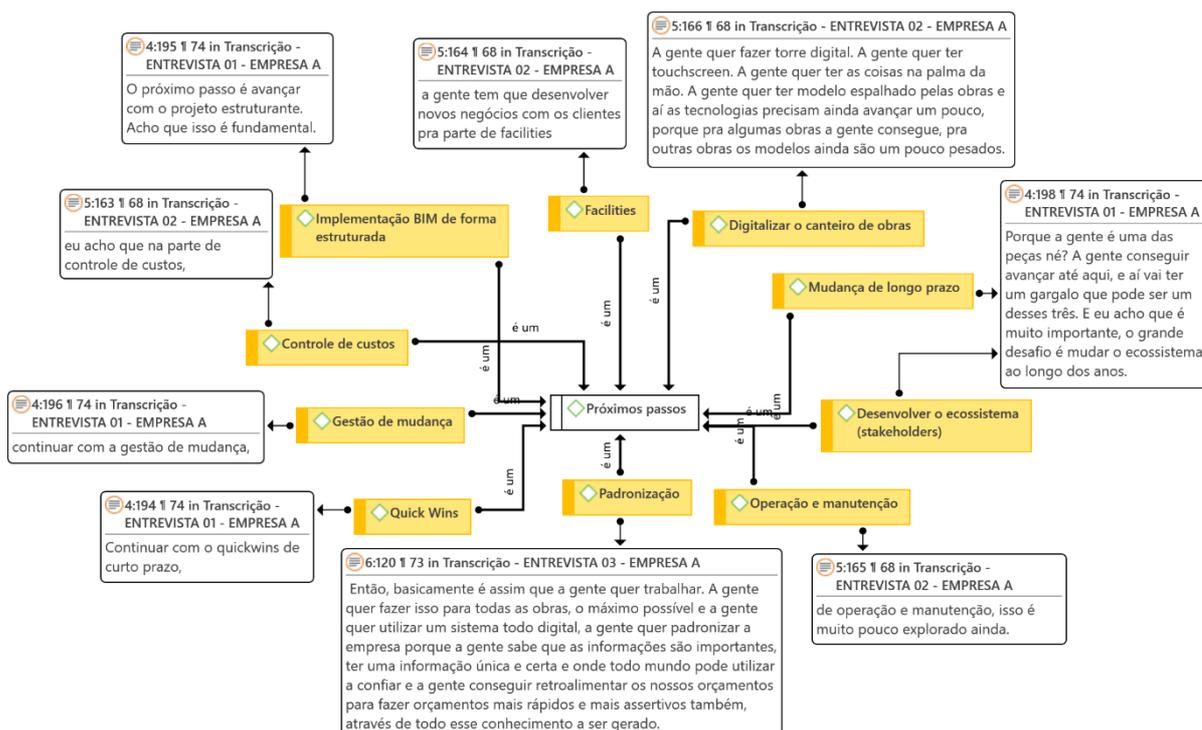
Figura 46 - Benefícios do uso integrado entre *Lean* e BIM – Empresa A



Fonte: Elaborado pela autora

Como próximos passos, os entrevistados da empresa A relataram que planejam implementar os usos do BIM relativos a *facilities* e operação e manutenção das edificações; permanecer com a padronização da empresa, desenvolvimento dos *stakeholders* e gestão da mudança (Figura 47).

Figura 47 - Próximos passos - empresa A



Fonte: Elaborado pela autora

4.2.2 Empresa B

A empresa B nasceu a partir da expansão de um grupo de empresas na década de 1990 com a construção de diversas indústrias no estado do Ceará. Na transição dos anos 1990 para 2000 a empresa migrou para a área de edificações e na década de 2000 se firmou na construção de edifícios verticais. Começou a implementação de *Lean* no ano de 2004 e desde então tem desenvolvido práticas e ferramentas que atualmente fazem parte da cultura de gestão da empresa.

O BIM começou a ser implementado em 2014, principalmente em projetos de arquitetura. A partir de 2016, começou a ser implementado de forma mais efetiva pela equipe de gestão de projetos. Atualmente, é aplicado ao desenvolvimento e à compatibilização de projetos, processo de implementação do canteiro, estratégia de ataque de obra, e ao planejamento de obra.

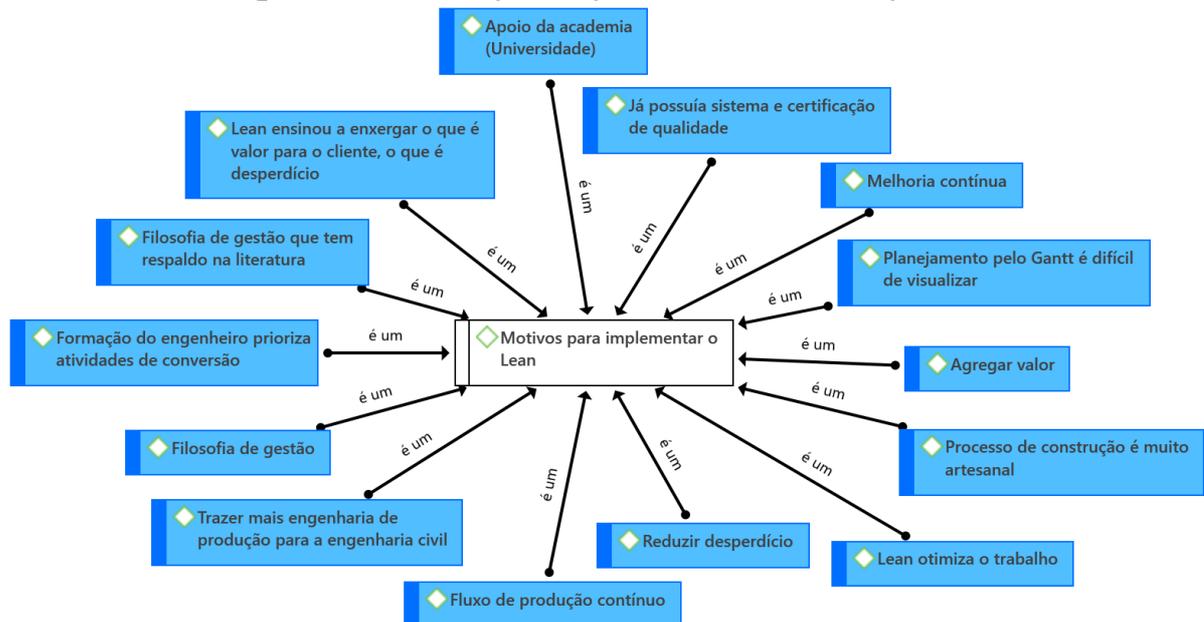
Segundo um dos respondentes, a implementação de *Lean* teve início graças ao incentivo de um professor de uma Universidade Federal que o estimulou a participar de um congresso que teve como tema o *Lean Construction* (Figura 48). O entrevistado relata que se encantou com o *Lean* e logo começou a implementação na empresa, primeiramente no nível operacional, por meio de ferramentas *Lean* e depois mais a nível estratégico.

Figura 48 - Início da implementação *Lean* - Empresa B

<p>1:3 17 in Transcrição - ENTREVISTA 01 - EMPRESA B</p> <p>Mas tudo começou em 2004, no XXXXXX, quando a gente foi assistir a gente ficou impressionado na época com o lean, porque a Empresa B já era uma empresa que já tinha a qualidade como princípio, né, desde 98 tem a ISO, a certificação da ISO de qualidade, sistema de qualidade, mas precisava de uma filosofia de gestão, pra você poder ser mais assertivo na agregação de valor para o cliente e diminuir o desperdício. Então foi muito importante, porque o lean nos deu um caminhamento que a gente costuma brincar, dizer que é o aprender a enxergar. O lean ensinou a gente a aprender a enxergar, a enxergar o quê que o cliente entende de valor, o que é valor para o cliente, o que é desperdício, onde a gente pode melhorar, o fluxo da produção, a parte estratégica, e isso é tudo muito bacana, porque o lean é muito motivante, na essência de você sempre querer melhorar</p>	<p>1:18 24 in Transcrição - ENTREVISTA 01 - EMPRESA B</p> <p>ele começou muito mais na parte operacional, na produção, no canteiro, lá da betoneira, dos fluxos, né, lá no canteiro de obra, no 5S, no Last Planner, e começou muito por ali, mas hoje é muito estratégico, hoje ele é muito transversal na empresa, ele tá em todo canto, mas ele tá lá na planejamento estratégico mesmo.</p>
---	---

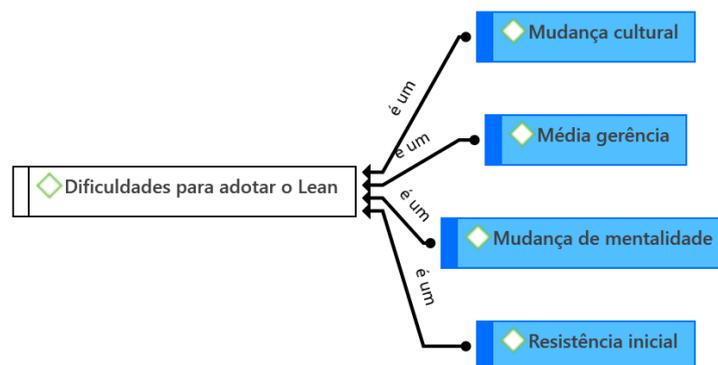
Fonte: Elaborado pela autora

Dentre os motivos que levaram a empresa B a implementar o *Lean*, além do incentivo acadêmico, os entrevistados também citaram que o *Lean* ensina a enxergar as oportunidades de melhoria e o que é valor para o cliente, mostra o caminho para uma produção contínua, otimiza o trabalho, é uma filosofia de gestão que melhora os padrões da empresa e que tem respaldo na literatura, entre outros motivos que podem ser conferidos na Figura 54.

Figura 49 - Motivos para implementar o *Lean* - Empresa B

Fonte: Elaborado pela autora

Quando se falou sobre dificuldades, um dos entrevistados relatou que não há dificuldade financeira para se implementar *Lean*. Por outro lado, pode haver bastante resistência inicial graças à mudança cultural e mudança de mentalidade que é necessária nesse processo de implementação (Figura 50).

Figura 50 - Dificuldades em adotar o *Lean* - Empresa B

Fonte: Elaborado pela autora

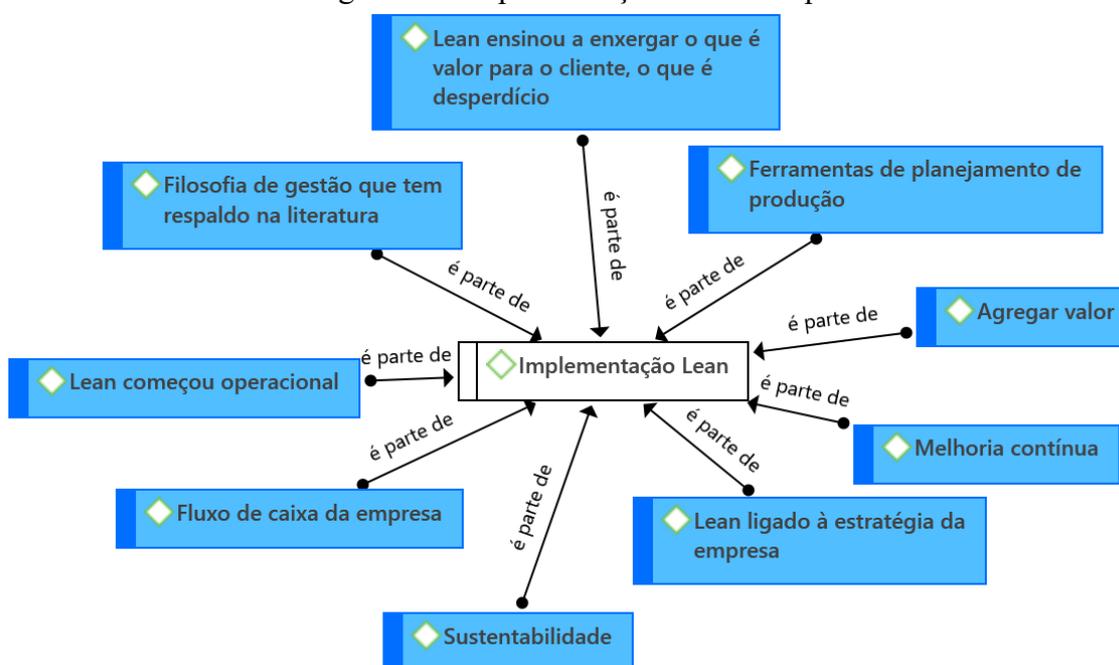
É possível perceber que todas as dificuldades apontadas estão relacionadas com resistência a mudança, ou seja, as pessoas que precisavam mudar a sua forma de enxergar os processos e fluxos dentro da obra não queriam ou não conseguiam enxergar esta mudança como algo vantajoso. Esta resistência inicial partiu, em especial, da média gerência (Figura 51).

Figura 51 - Dificuldades com a média gerência

<p>1:15 11 22 in Transcrição - ENTREVISTA 01 - EMPRESA B</p> <p>A gente não teve nenhum problema com os operários e nem com a alta administração, tivemos ali na média gerência algumas dificuldades de entendimento,</p>	<p>1:16 11 22 in Transcrição - ENTREVISTA 01 - EMPRESA B</p> <p>principalmente para essas pessoas entenderem que isso é melhor pra elas, então ficou uma lacuna de conhecimento aí no meio, na média gerência.</p>
---	--

Fonte: Elaborado pela autora

A implementação de *Lean* na empresa B (Figura 52) envolveu primeiramente a utilização de ferramentas que auxiliavam na produção, como Kanban, e ferramentas de planejamento e controle da produção, como *Last Planner System*. Além disso, envolveu mudança da mentalidade dos funcionários para enxergar o que é valor para o cliente (sejam internos ou externos), o que trouxe melhorias contínuas, agregou mais valor ao longo do fluxo de produção e aumentou o fluxo de caixa da empresa. Depois de ser implementado no operacional da empresa, o *Lean* foi integrado ao planejamento estratégico.

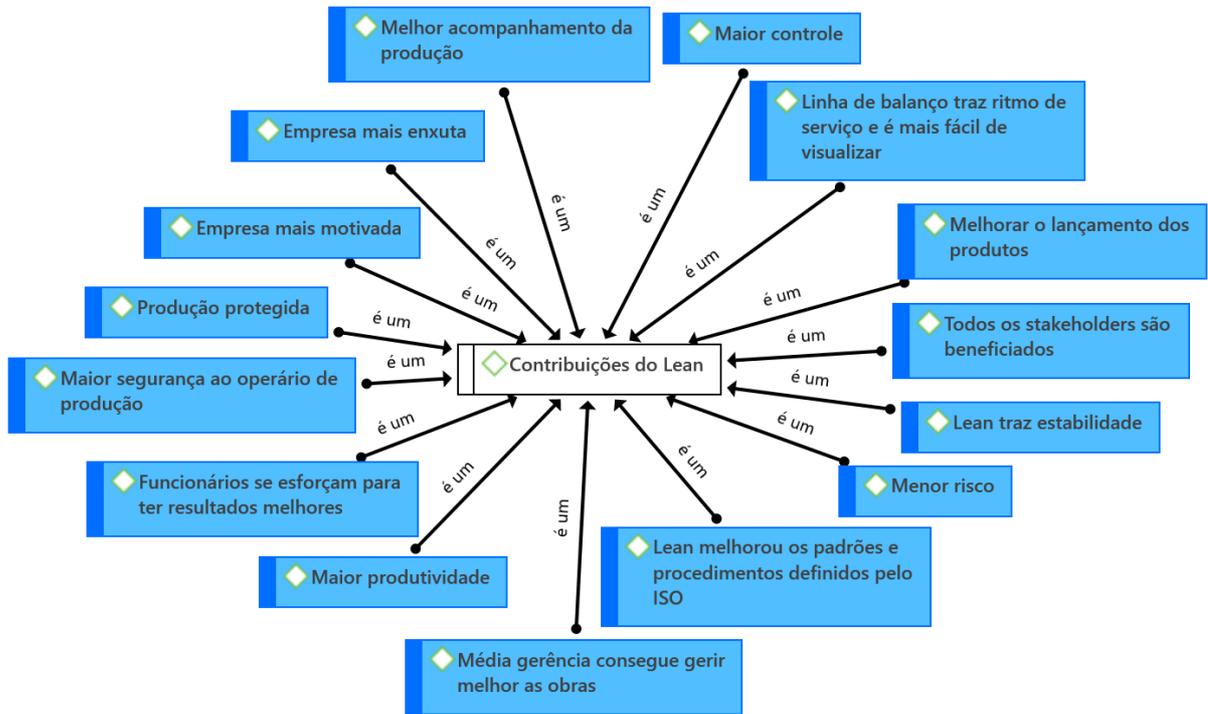
Figura 52 - Implementação *Lean* - Empresa B

Fonte: Elaborado pela autora

Como visto mais acima, as dificuldades apontadas estavam em torno de uma resistência à mudança. Por outro lado, as vantagens citadas foram numerosas, inclusive uma maior facilidade da média gerência em gerir as obras. Outras contribuições do *Lean* foram: melhor acompanhamento da produção; linha de balanço traz ritmo de serviço e é mais fácil de

entender do que o gráfico de Gantt; maior estabilidade; maior produtividade; produção protegida; entre outros, conforme mostra Figura 53.

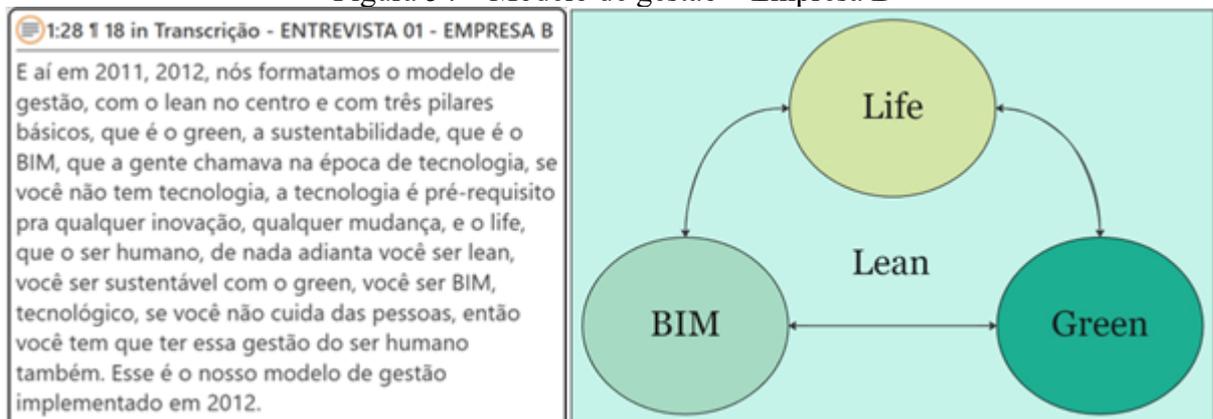
Figura 53 - Contribuições do *Lean* - Empresa B



Fonte: Elaborado pela autora

A partir de 2012 a empresa passou a adotar um sistema de gestão que tinha o *Lean* como centro e como pilares o BIM, o *Green* e o *Life*. Foi neste mesmo ano que teve início a implementação de BIM, chamada pela empresa de embrião BIM. O modelo de gestão adotado pela empresa pode ser representado como mostra a Figura 54.

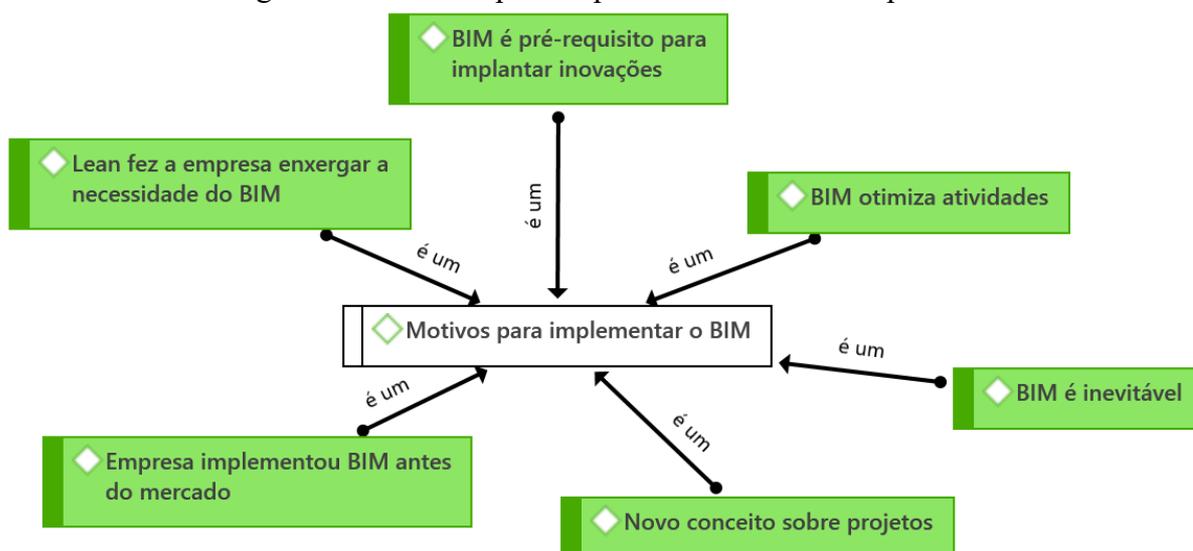
Figura 54 – Modelo de gestão – Empresa B



Fonte: Elaborado pela autora

Para os entrevistados, o que mais motivou a implementação do BIM foi o próprio *Lean*, pois o *Lean* os fez ver que o BIM seria uma melhoria para o setor de projetos primeiramente e posteriormente para toda a cadeia de valor da empresa. Para os entrevistados, o BIM é inevitável e é pré-requisito para implantar inovações (como mudanças de sistemas construtivos, por exemplo); além disso, o BIM traz uma nova forma de projetar, que é a construção virtual, na qual é mais fácil de visualizar problemas. Por todos esses motivos, a empresa B começou a implementar antes do mercado. Todos estes motivos podem ser conferidos na Figura 55.

Figura 55 - Motivos para implementar o BIM - Empresa B

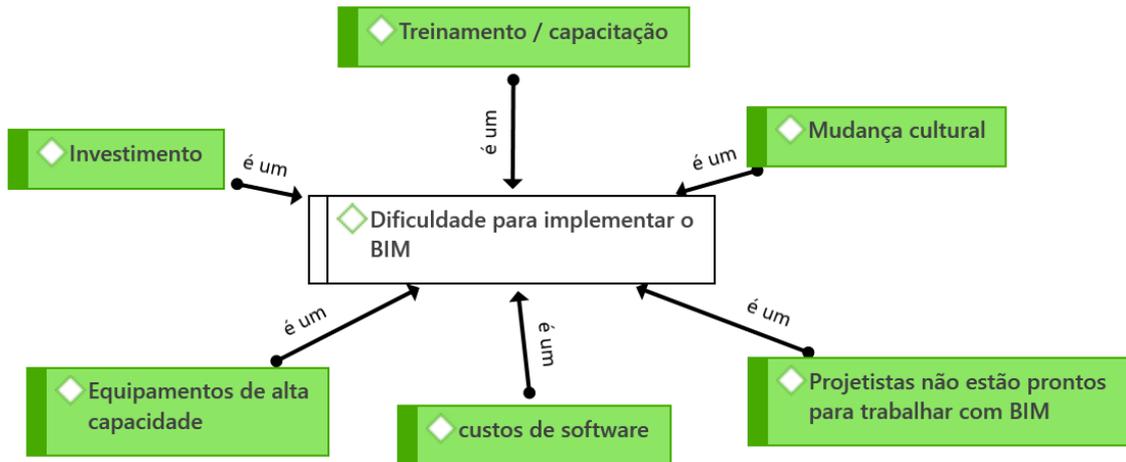


Fonte: Elaborado pela autora

Ao contrário do *Lean*, foi apontado como dificuldade na implementação do BIM a questão de investimento, uma vez que são necessários equipamentos de alta capacidade, softwares mais robustos e treinamentos e capacitações para os funcionários. Fora isso, como a empresa começou a implementação antes do mercado, os projetistas não estavam preparados para fornecer projetos em BIM.

Uma dificuldade semelhante à enfrentada pelo *Lean* foi a mudança cultural, porém, desta vez, a resistência não foi apenas dos funcionários de dentro da empresa, mas também dos *stakeholders* de fora, em especial os projetistas, como mencionado acima. As dificuldades citadas pelos entrevistados podem ser verificadas na Figura 56.

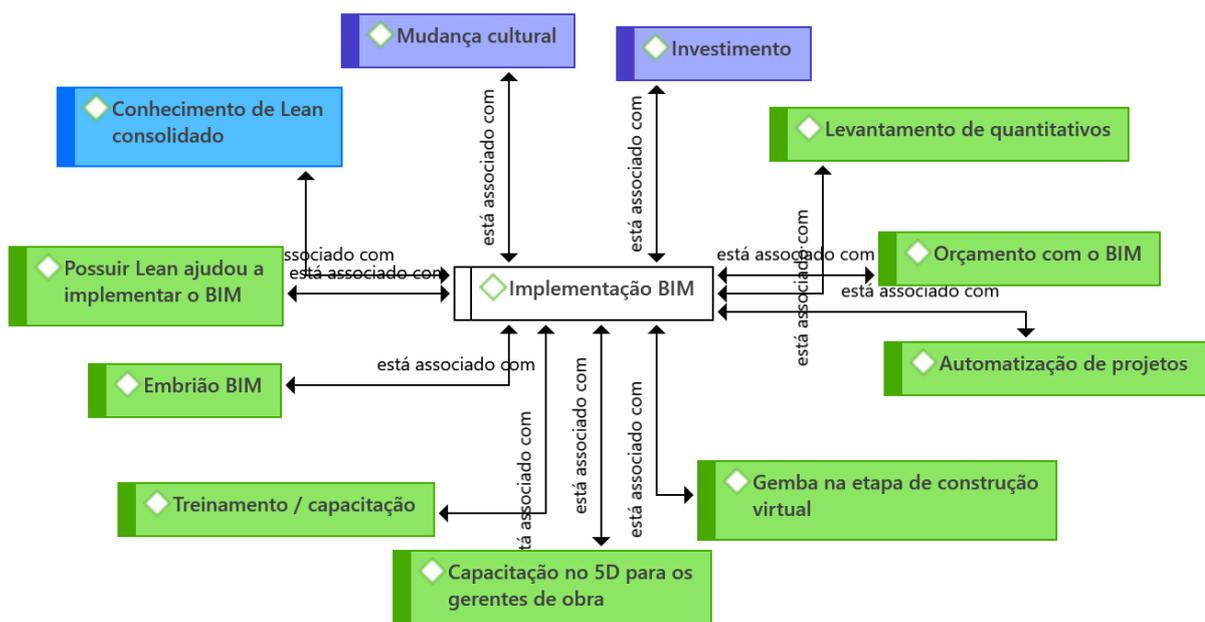
Figura 56 - Dificuldades para implementar o BIM - Empresa B



Fonte: Elaborado pela autora

A implementação de BIM na empresa B (Figura 57) foi facilitada pelo conhecimento e implementação de *Lean* bem consolidados, e incluiu ações necessárias como investimento e mudança cultural; o desenvolvimento de projetos executivos e utilização do modelo BIM para realização do Gemba na etapa de construção virtual, e depois o levantamento de quantitativos e automatização de projetos. Com o aumento dos usos do BIM, começou-se uma capacitação para os gerentes de obra poderem ter acesso aos modelos, para tirar dúvidas e facilitar o acompanhamento da obra.

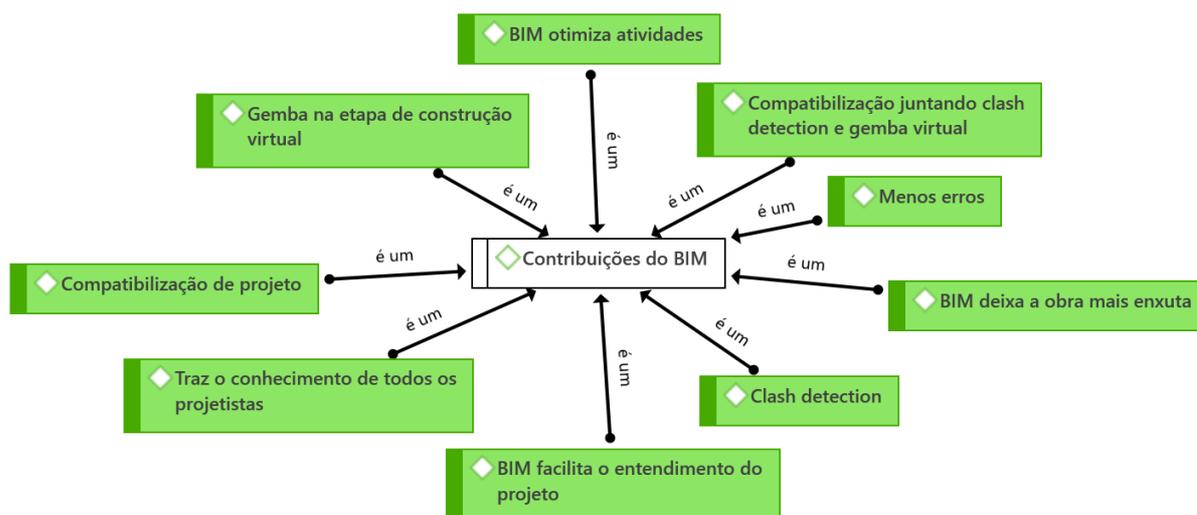
Figura 57 - Implementação BIM -Empresa B



Fonte: Elaborado pela autora

Apesar das muitas dificuldades iniciais, o BIM trouxe muitos benefícios para a empresa (Figura 58), como: otimização das atividades de projeto; menos erros graças a compatibilização das disciplinas a partir do *clash detection* e do Gemba realizado na etapa de projeto, que consegue trazer todo o conhecimento dos projetistas para projetar melhor; e uma maior facilidade de entendimento dos projetos.

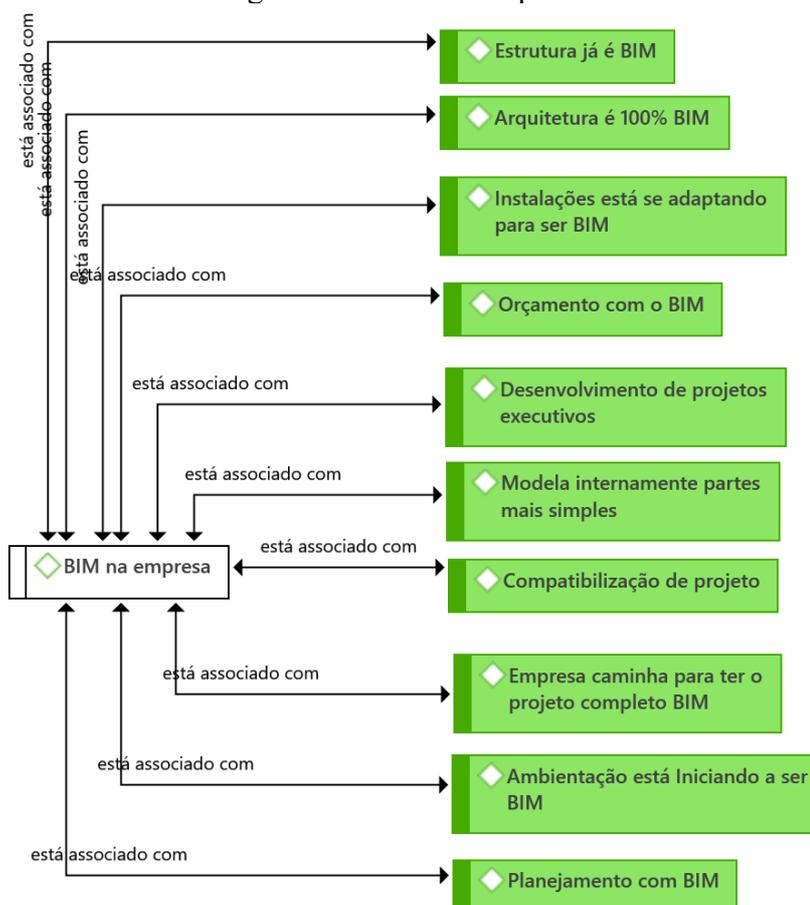
Figura 58 - Contribuições do BIM - Empresa B



Fonte: Elaborado pela autora

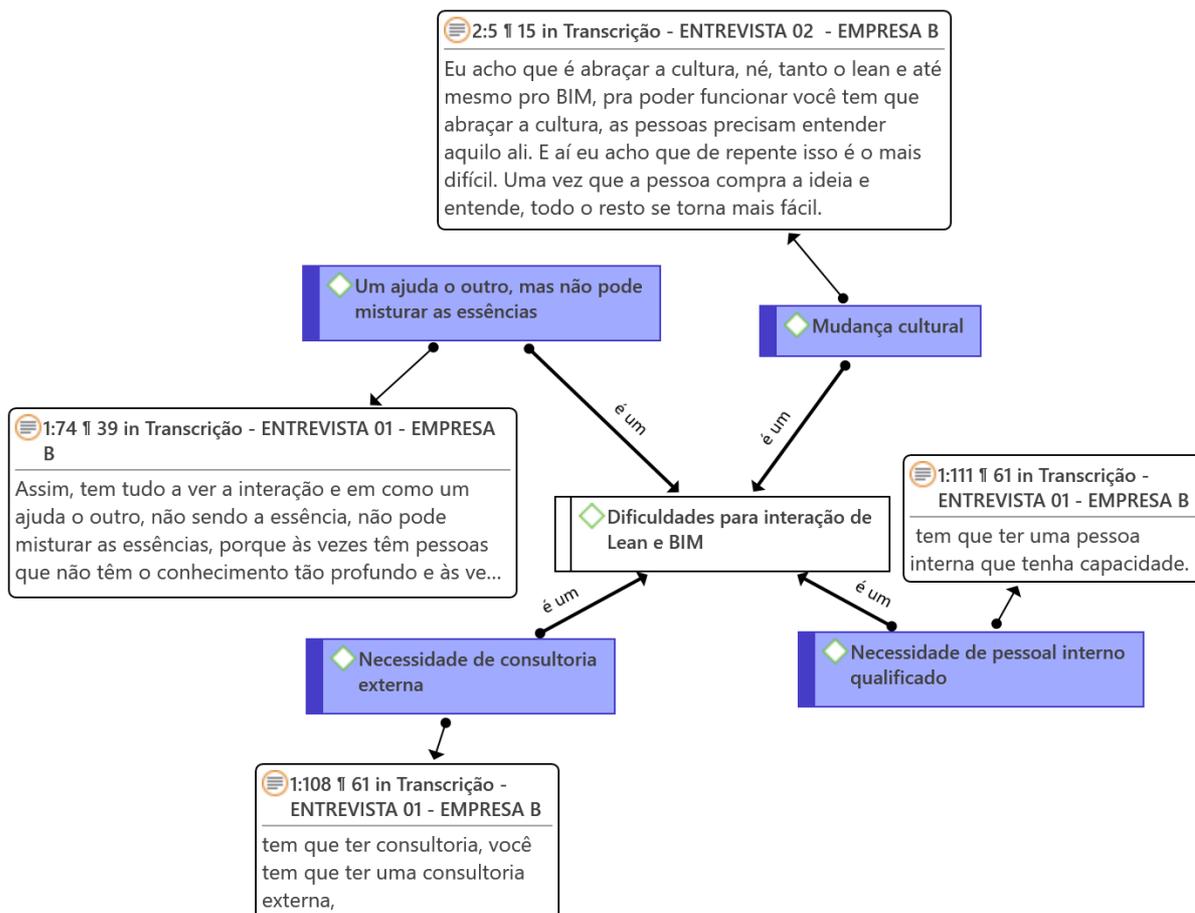
Atualmente, a situação do BIM na empresa B está da seguinte forma (Figura 59): os projetos arquitetônicos já são completamente BIM, assim como os projetos estruturais; os projetos de instalações estão em processo de adaptação para serem completamente BIM; a ambientação está no começo do processo de migração e alguns pequenos projetos mais simples são modelados internamente; desta forma, o orçamento também está em processo de ser totalmente em BIM. O BIM tem sido utilizado para o desenvolvimento de projetos executivos e compatibilização de projetos.

Figura 59 - BIM na empresa B



Fonte: Elaborado pela autora

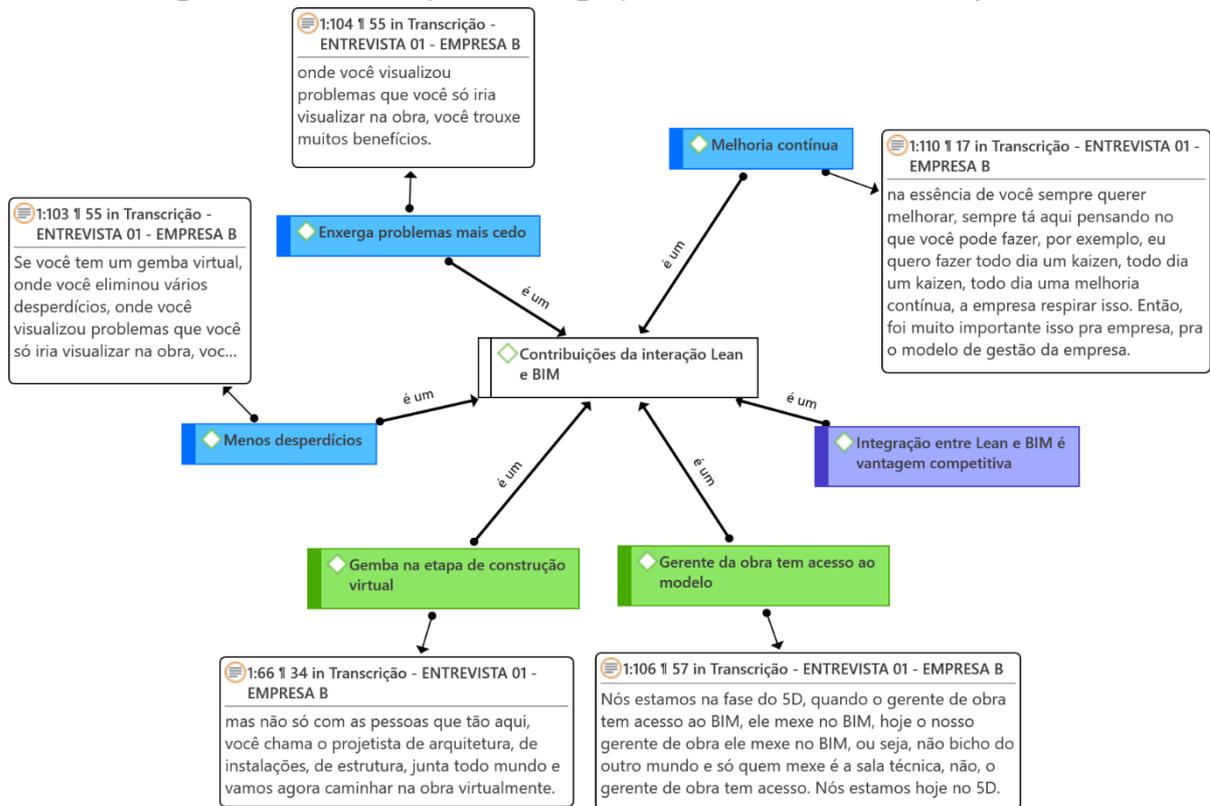
De acordo com os entrevistados, a integração entre *Lean* e BIM foi natural e não foi necessário imprimir algum esforço para se alcançar essa integração. Segundo os entrevistados, o *Lean* ajuda o BIM e vice-versa, porém, é preciso haver cuidado, para não misturar as essências. Como dificuldades, foi apontado a necessidade de pessoal interno qualificado e consultoria externa, como mostra a Figura 60.

Figura 60 - Dificuldades para integração de BIM e *Lean* - Empresa B

Fonte: Elaborado pela autora

As contribuições da integração de *Lean* e BIM elencadas pelos entrevistados envolveram (Figura 61): enxergar os problemas mais cedo; menos desperdício; o gestor de obras ter acesso ao modelo; melhoria contínua; e vantagem competitiva perante o mercado.

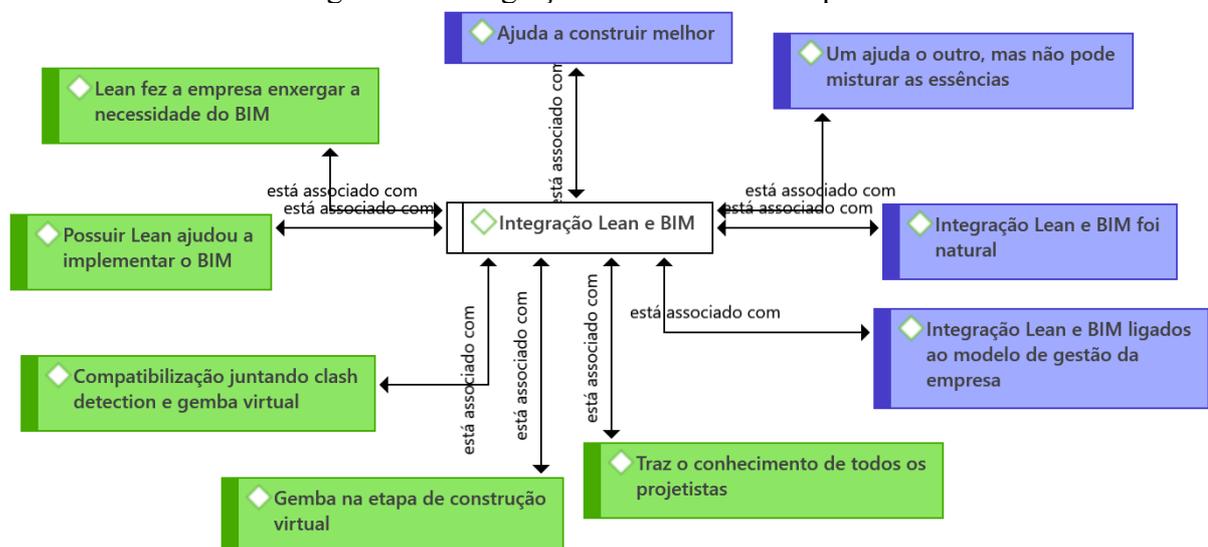
Figura 61 - Contribuições da integração entre *Lean* e BIM – Empresa B



Fonte: Elaborado pela autora

Assim, segundo os entrevistados, na empresa B a integração entre *Lean* e BIM (Figura 62) foi alcançada de forma natural, uma vez que o *Lean* fez a empresa enxergar a necessidade de BIM e possuir *Lean* ajudou a implementar o BIM, porque a empresa já estava bastante estabilizada. Ademais, o BIM é utilizado para se fazer o *Gemba* virtual, e atualmente o modelo de gestão envolve o *Lean*, o BIM, o *Green* e o *Life*.

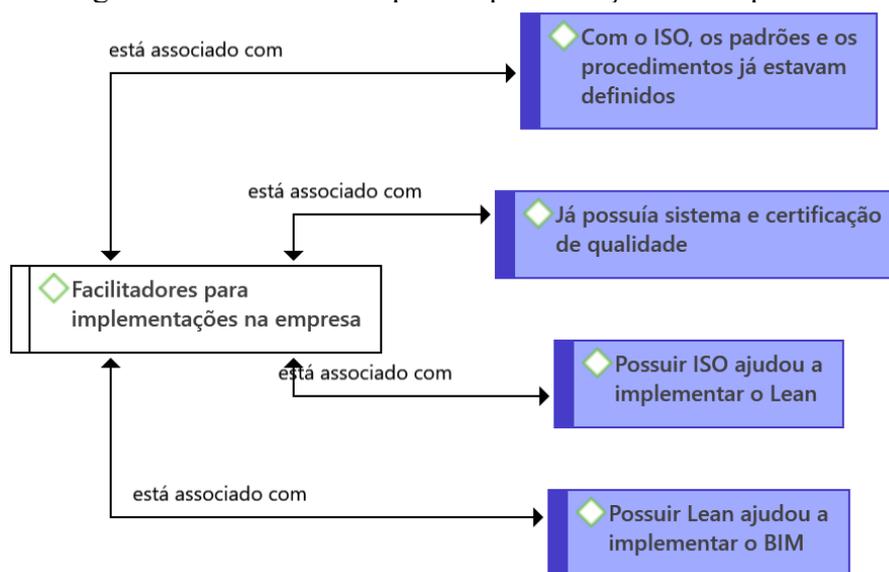
Figura 62 - Integração *Lean* e BIM - Empresa B



Fonte: Elaborado pela autora

Alguns itens foram importantes e foram considerados como facilitadores na implementação de *Lean* e depois de BIM (Figura 63). Antes de implementar o *Lean*, a empresa já possuía certificações ISO, o que lhe conferia padrões e procedimentos que auxiliaram no processo de implementação *Lean*. O *Lean* melhorou as padronizações já existentes na empresa B. Por sua vez, já possuir o *Lean* foi um facilitador para implementação de BIM.

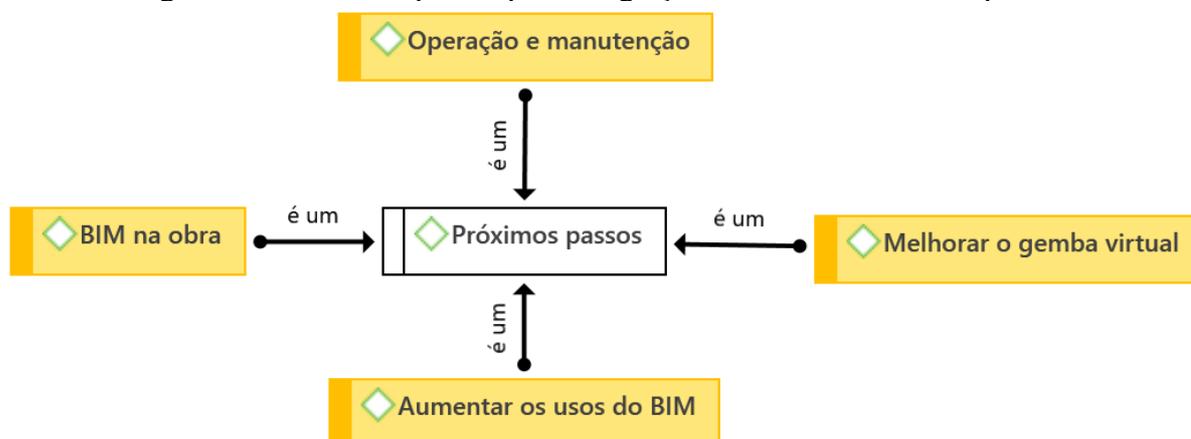
Figura 63 - Facilitadores para implementações na empresa B



Fonte: Elaborado pela autora

Como próximos passos (Figura 64), os entrevistados mencionaram que pretendem, melhorar o Gemba virtual; aumentar os usos do BIM; aumentar o acesso do BIM na obra; e iniciar a trabalhar com operação e manutenção das edificações por meio do BIM.

Figura 64 - Próximos passos para integração de *Lean* e BIM – Empresa B



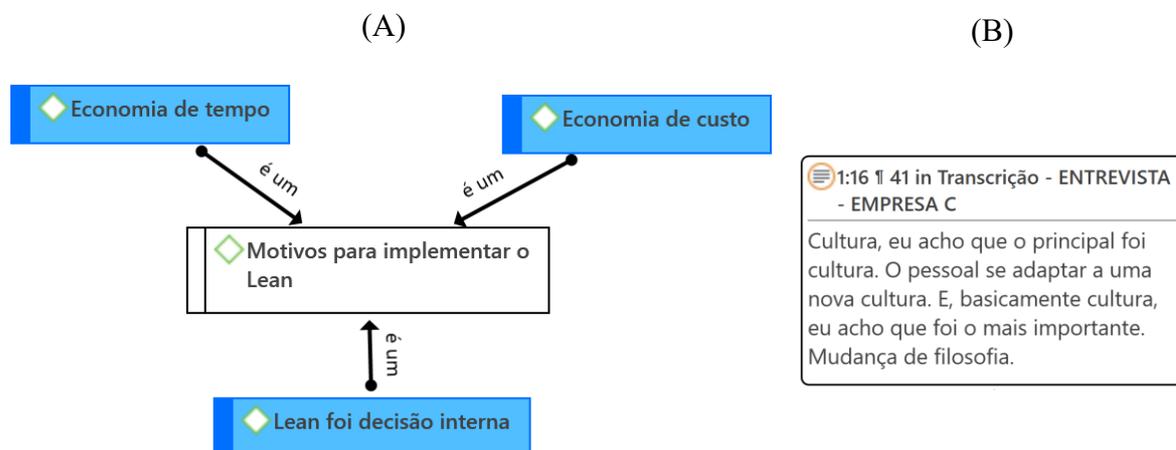
Fonte: Elaborado pela autora

4.2.3 Empresa C

A empresa C está há 54 anos no mercado de construção. Iniciou com construção de casas e aos poucos seus projetos se tornaram verticalizados. Atualmente seus escopos são, em sua maioria, de edifícios residenciais de médio e alto padrão. A empresa C iniciou o processo de implementação do BIM a partir de 2013, inicialmente para transformação de projetos 2D para 3D. A filosofia *Lean* foi implantada em seus canteiros aproximadamente no mesmo período, a partir da busca da estabilização da produção com a implantação do planejamento de curto, médio e longo prazos, na identificação de atividades que agregam valor e utilização de várias outras ferramentas *Lean* em seus canteiros.

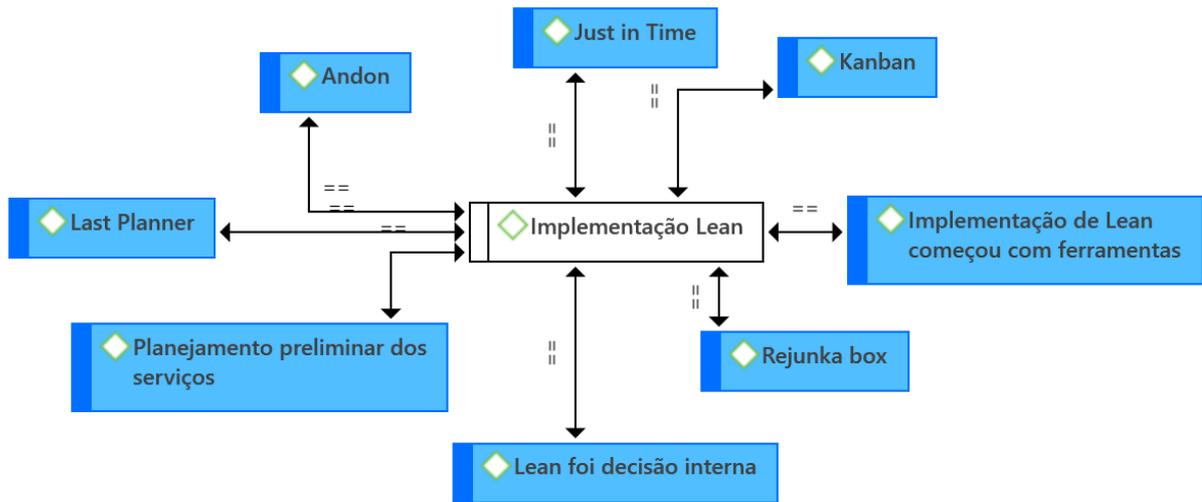
Segundo os entrevistados, a implementação de *Lean* (Figura 65 - A) foi uma decisão interna, para se alcançar uma economia de tempo e de custo. Para os entrevistados, a única dificuldade de implementar o *Lean* foi a mudança cultural necessária, como mostrado em Figura 65 - B.

Figura 65 - Motivos e dificuldade para implementação de *Lean* - Empresa C



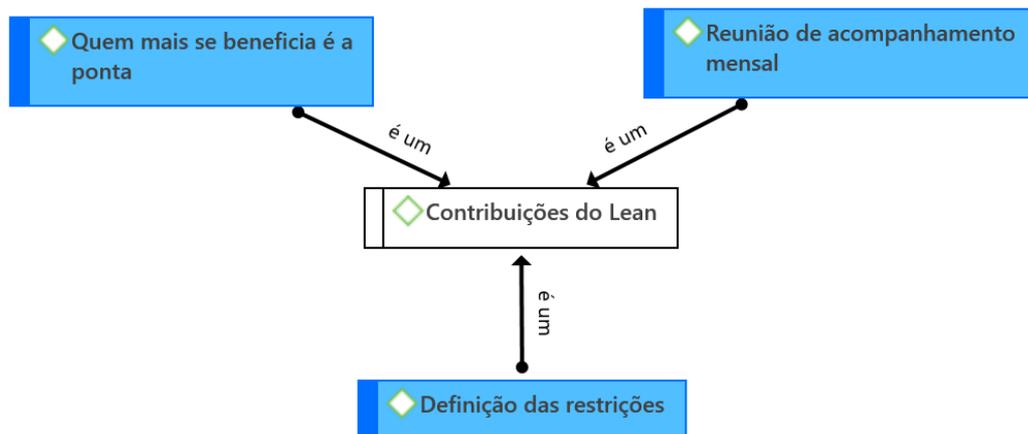
Fonte: Elaborado pela autora

A implementação *Lean* (Figura 66) teve início através da utilização de ferramentas *Lean* no canteiro de obras, como *andon*, *heijunka box* e *kanban*, além do planejamento preliminar dos serviços, que envolve o planejamento de curto, médio e longo prazo, além da busca pelo trabalho *Just in Time*.

Figura 66 - Implementação *Lean* - Empresa C

Fonte: Elaborado pela autora

Como principais contribuições (Figura 67), um dos entrevistados citou a reunião de acompanhamento mensal e a definição de restrições. Ele ainda citou que quem mais se beneficia com o *Lean* são os trabalhadores da ponta.

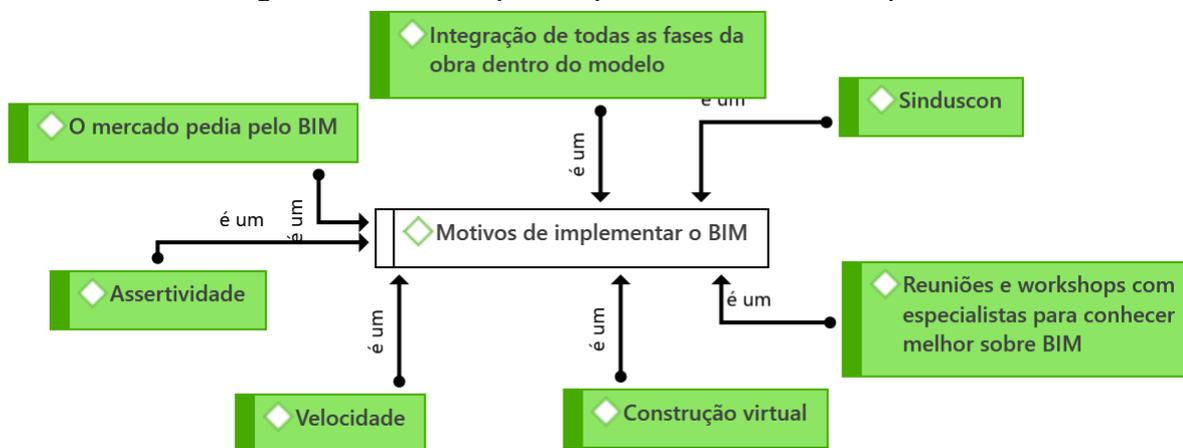
Figura 67 - Contribuições do *Lean* - Empresa C

Fonte: Elaborado pela autora

Quando perguntados sobre os motivos de implementar o BIM (Figura 68), os entrevistados falaram que, diferente do *Lean*, o BIM foi uma necessidade apontada pelo mercado e que a implementação foi incentivada pelo Sinduscon – CE, através de palestras e workshops com especialistas. Após conhecer sobre o BIM, a empresa buscou implementá-lo

para buscar uma maior assertividade, velocidade e para começar a inovar ao se fazer a construção virtual.

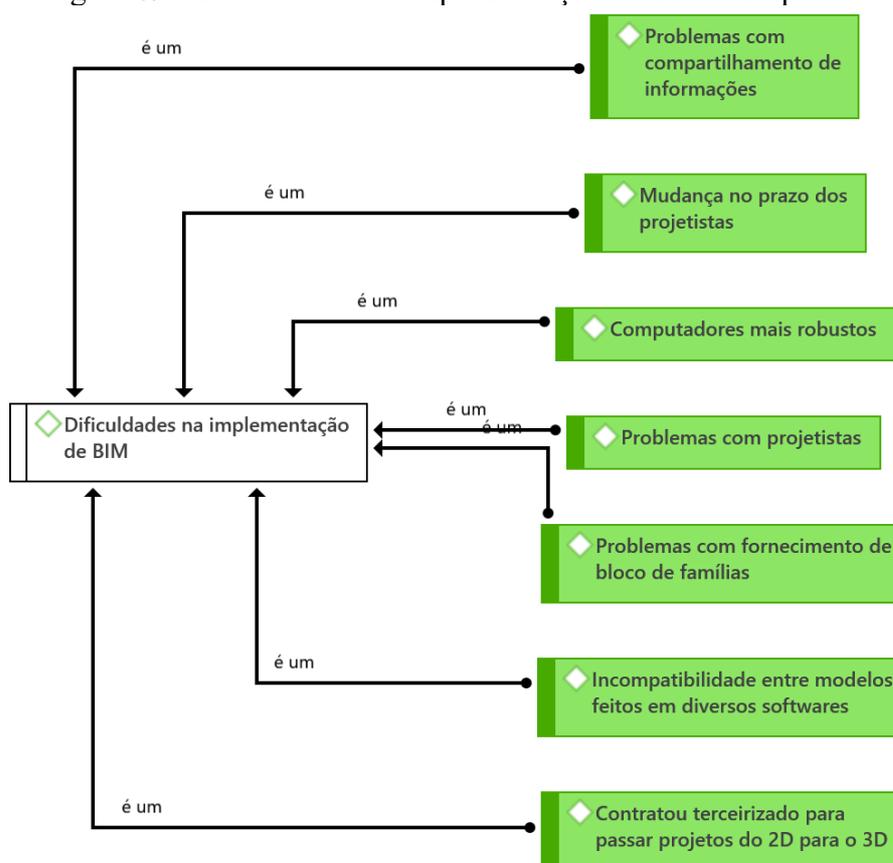
Figura 68 - Motivos para implementar o BIM - Empresa C



Fonte: Elaborado pela autora

Como dificuldades (Figura 69), eles citaram alguns problemas com projetistas, como, primeiramente, falta de projetistas habilitados a trabalhar com BIM, e, posteriormente problemas com compartilhamento de informações, mudança no prazo para conclusão da etapa de projetos, uma vez que a empresa teve que reajustar o cronograma pra incluir uma etapa de modelagem dos projetos em BIM com um terceirizado, e incompatibilidade entre arquivos fornecidos por projetistas que modelaram em diferentes softwares. Outras dificuldades apontadas foram: compra de computadores mais robustos e dificuldade para encontrar as famílias necessárias para a modelagem dos projetos.

Figura 69 - Dificuldades na implementação de BIM - Empresa C



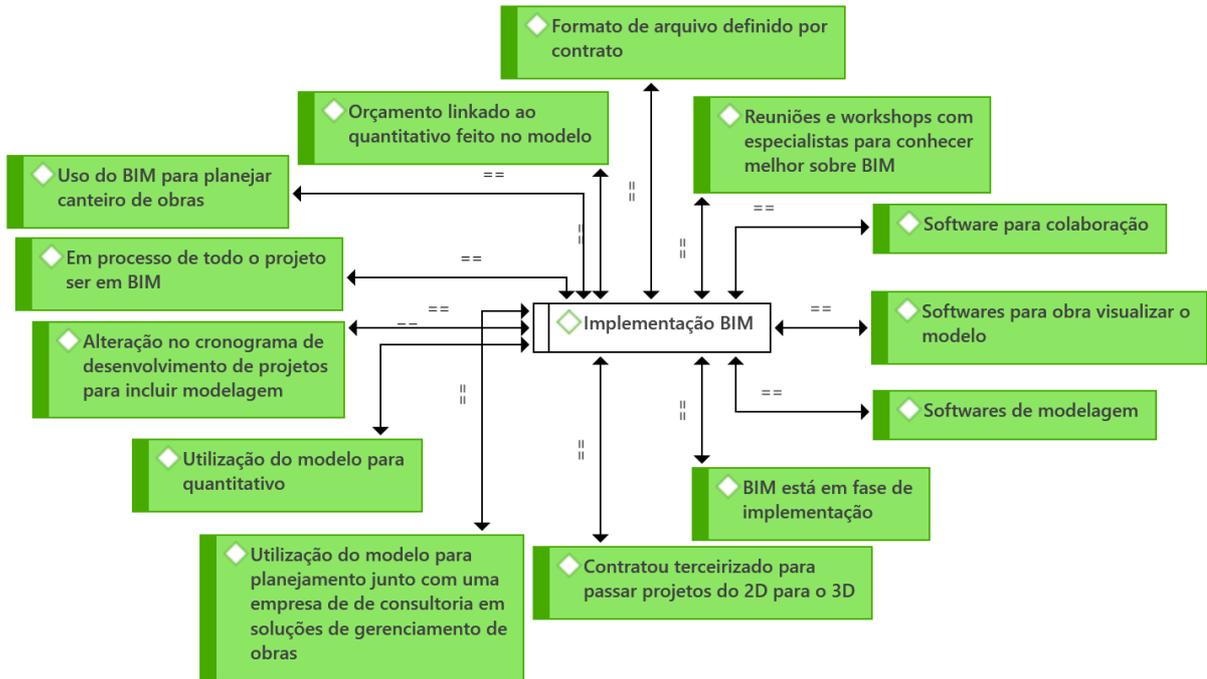
Fonte: Elaborado pela autora

O BIM na empresa C ainda está em processo de implementação. Atualmente a empresa já recebe a maior parte dos projetos em BIM e, quando não, um projetista terceirizado faz a modelagem do projeto 2D para BIM. Para lidar com esta dificuldade, a empresa fez uma mudança nos contratos no qual determinou a extensão de arquivo deve ser fornecida pelos projetistas.

O modelo é utilizado pela empresa C para extração de quantitativos e desenvolvimento do orçamento. Além disso, os modelos são utilizados também para planejamento de canteiro e, durante a obra, para tirar dúvidas sobre a execução. Um software de gestão *Lean*, que faz uso do modelo para o planejamento de curto, médio e longo prazo, a linha de balanço e traz indicativos de avanço de obra também é utilizado para planejamento e controle das obras.

Além deste software, a empresa também utiliza programas para modelagem, visualização e colaboração no modelo e está em processo de desenvolvimento de uma ERP (*Enterprise Resource Planning*) em parceria com outra empresa, para extração de quantitativo e composição de orçamentos automático a partir do modelo BIM.

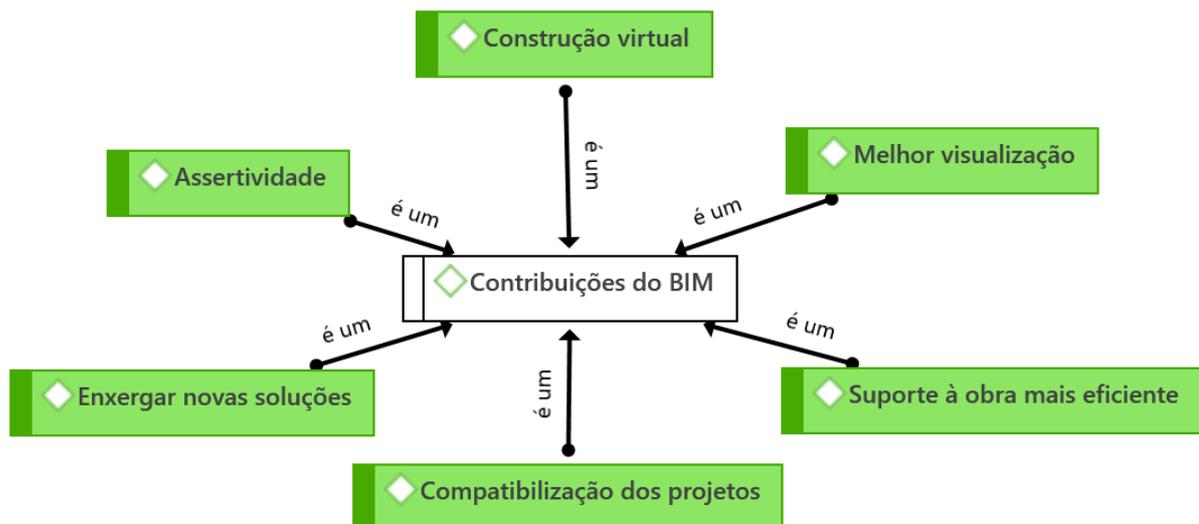
Figura 70 - Implementação BIM - Empresa C



Fonte: Elaborado pela autora

As contribuições do BIM (Figura 71) observadas pelos entrevistados da empresa C foram maior assertividade, enxergar novas soluções e, através da construção virtual, conseguir maior compatibilidade nos projetos, melhor visualização e maior suporte à obra.

Figura 71 - Contribuições do BIM – Empresa C

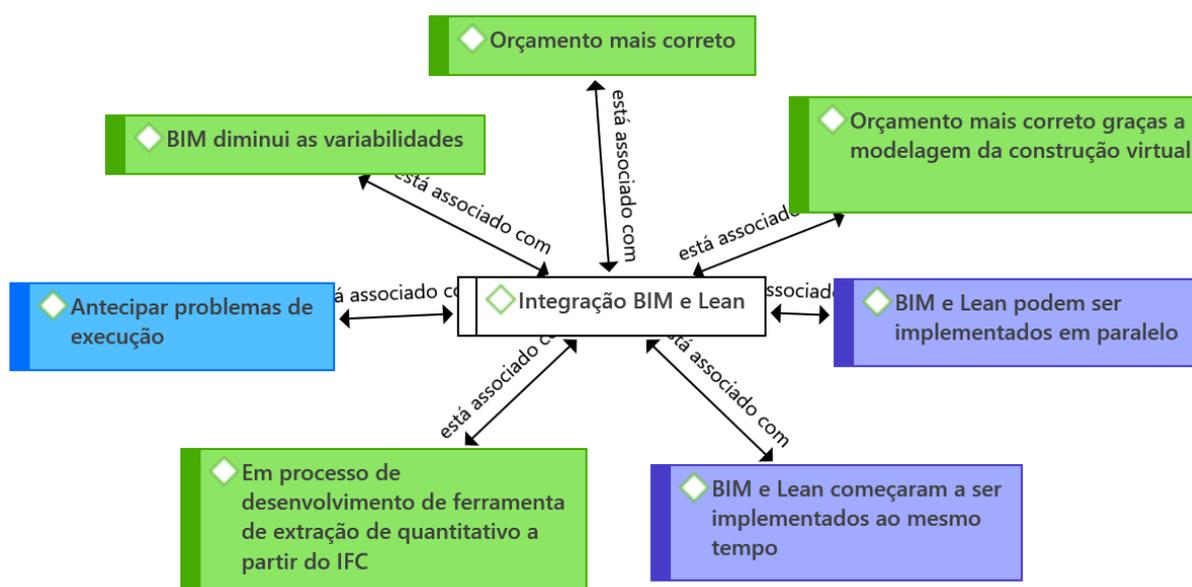


Fonte: Elaborado pela autora

Quanto à integração entre *Lean* e BIM, os entrevistados falaram apenas que é uma tendência mercadológica e que, inclusive, se dava como consequência natural da utilização

simultânea de ambos. Quando perguntados sobre se seria mais fácil implementar *Lean* primeiro ou BIM primeiro, os entrevistados responderam que não viam dificuldade em implementá-los em paralelo. Pela perspectiva dos entrevistados, a integração *Lean* e BIM na empresa C se dá (Figura 72) pelo orçamento mais correto graças à modelagem da construção virtual, diminuição das variabilidades graças ao BIM, antecipação dos problemas e extração de quantitativos do modelo.

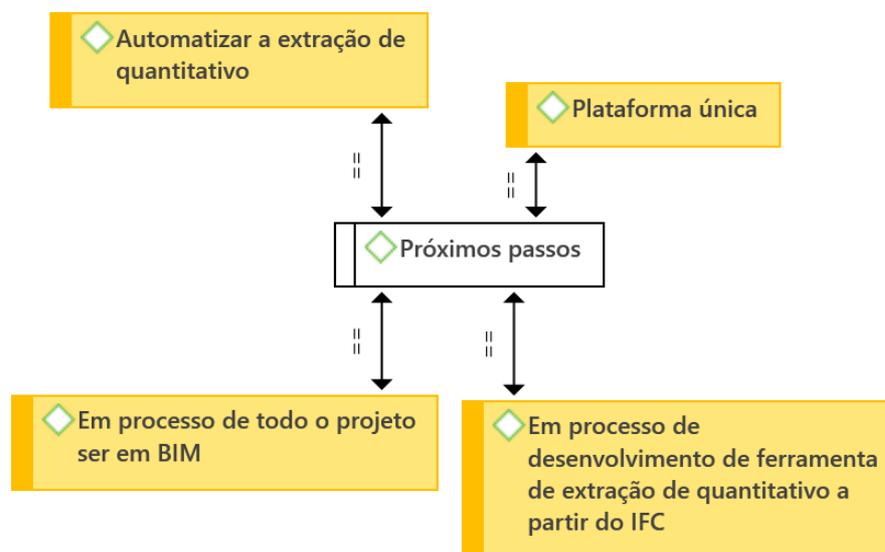
Figura 72 - Integração *Lean* e BIM - Empresa C



Fonte: Elaborado pela autora

Os próximos passos da empresa C (Figura 73) em relação à integração *Lean* e BIM envolvem automatizar a extração de quantitativo através de uma ferramenta que está sendo desenvolvida em parceria com outra empresa. Além disso, a empresa C deseja trabalhar com todos os projetos em BIM, e excluir a etapa de transformação de projeto 2D em BIM, e passar a trabalhar em uma plataforma única com todos os projetistas.

Figura 73 - Próximos passos - Empresa C



Fonte: Elaborado pela autora

4.2.4 Empresa D

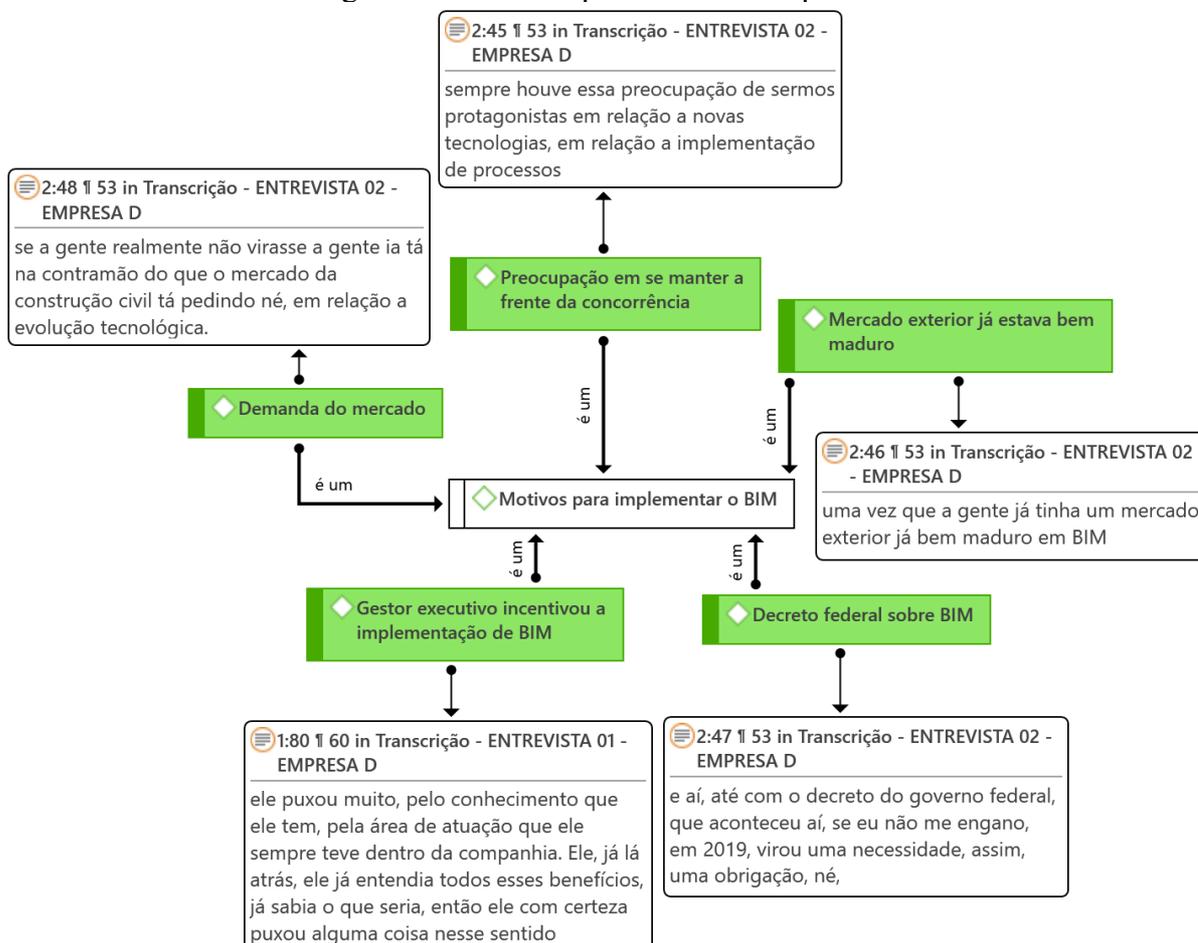
A empresa D está no mercado de construção há quase 45 anos e durante muito tempo construiu seu legado através de empreendimentos voltados a edificações de moradia popular, principalmente para programas do governo (Minha Casa Minha Vida, Casa Verde e Amarela), até que a sua abertura de capital na bolsa valores impulsionou a empresa a diversificar seus produtos, e passou, por exemplo, a construir e vender empreendimentos pra fundo imobiliário, construir no exterior, e construir residências de alto padrão. Atualmente, a empresa D está presente em 160 cidades do Brasil, com cerca de 270 obras em andamento, com abrangência em todas as regiões, o que a caracteriza como uma empresa de grande porte.

Nesta empresa, a implementação do BIM aconteceu antes da implementação do *Lean*, com início em 2014, por meio de projetos piloto e posteriormente com a formação do núcleo BIM, em 2017. O *Lean Construction* só começou a ser implementado em 2020, em meio às dificuldades da pandemia de COVID-19, motivado por uma visita dos diretores da empresa a uma obra que estava implementando o *Lean* e já conseguia bons resultados.

A implementação de BIM teve como motivação o mercado existente no Brasil e no mundo. No Brasil, o BIM logo passaria a ser obrigatório, através do decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018, e no mundo, diversos países já estavam atingindo altos níveis de maturidade nos usos do BIM. Desta forma, como a empresa D tinha a preocupação de se manter à frente de seus concorrentes, a implementação de BIM foi fundamental. Além disso, um dos gestores

executivos tinha a visão de que o BIM seria um diferencial para a empresa e incentivou a sua adoção. As motivações elencadas pelos entrevistados podem ser observadas na Figura 74.

Figura 74 - Motivos para o BIM - Empresa D



Fonte: Elaborado pela autora

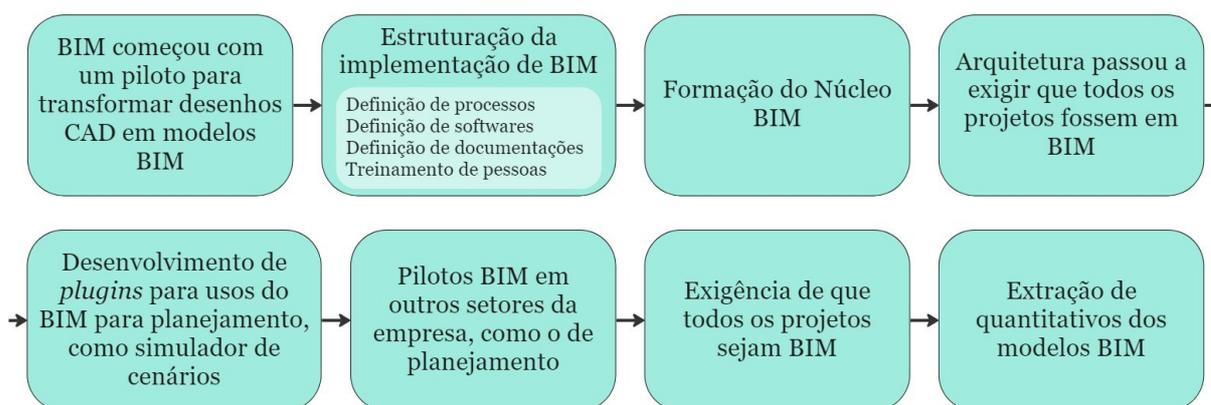
O processo de implementação do BIM na empresa D (Figura 75) começou em 2014, a partir do redesenho de projetos existentes da empresa a fim de transformá-los de desenhos CAD para modelos BIM. Os envolvidos nesta transformação perceberam que era necessário estruturar a implementação do BIM e, por isso, buscaram definir processos e documentações necessárias para a correta utilização do BIM, além da escolha de software, e treinamento de pessoal. A partir destas definições foi formado o núcleo BIM da empresa, que é um setor responsável pelo uso e disseminação do BIM na empresa e no qual foram destinados funcionários para trabalhar exclusivamente com o BIM.

Com a formação do núcleo BIM, se iniciou a exigência de que todos os projetos de arquitetura fossem feitos em BIM, e para isso um treinamento para os arquitetos internos da empresa foi realizado. Após isso, o núcleo se atentou de que os mesmos dados de uma

determinada obra são necessários em diversas etapas do planejamento, como por exemplo, o quantitativo de serviço é necessário para o orçamento e para o planejamento da obra. Devido a isso, o núcleo começou a fazer pilotos de usos do BIM em outros setores da empresa, como o de planejamento, para unificar os processos de coleta de dados, com o objetivo de que o BIM se tornasse um banco de dados para diversos setores da empresa.

Depois disso, o núcleo iniciou o desenvolvimento de *plugins* para os softwares que eram utilizados, focados em automatização de etapas de projetos, *checklists* e para auxiliar no planejamento das obras. O produto mais bem avaliado que surgiu a partir desta iniciativa foi o simulador de cenários que permite realizar planejamento de canteiro, avaliar cenários e fazer escolhas mais acertadas desde o início da implantação da obra. Além disso, como buscou-se ampliar os usos do BIM para unificar a etapa de fornecimento de dados sobre as obras, passou-se a exigir que todos os projetos sejam modelados em BIM. Desta forma, os quantitativos passaram a ser também extraídos dos modelos BIM.

Figura 75 - Processo de implementação BIM - Empresa D



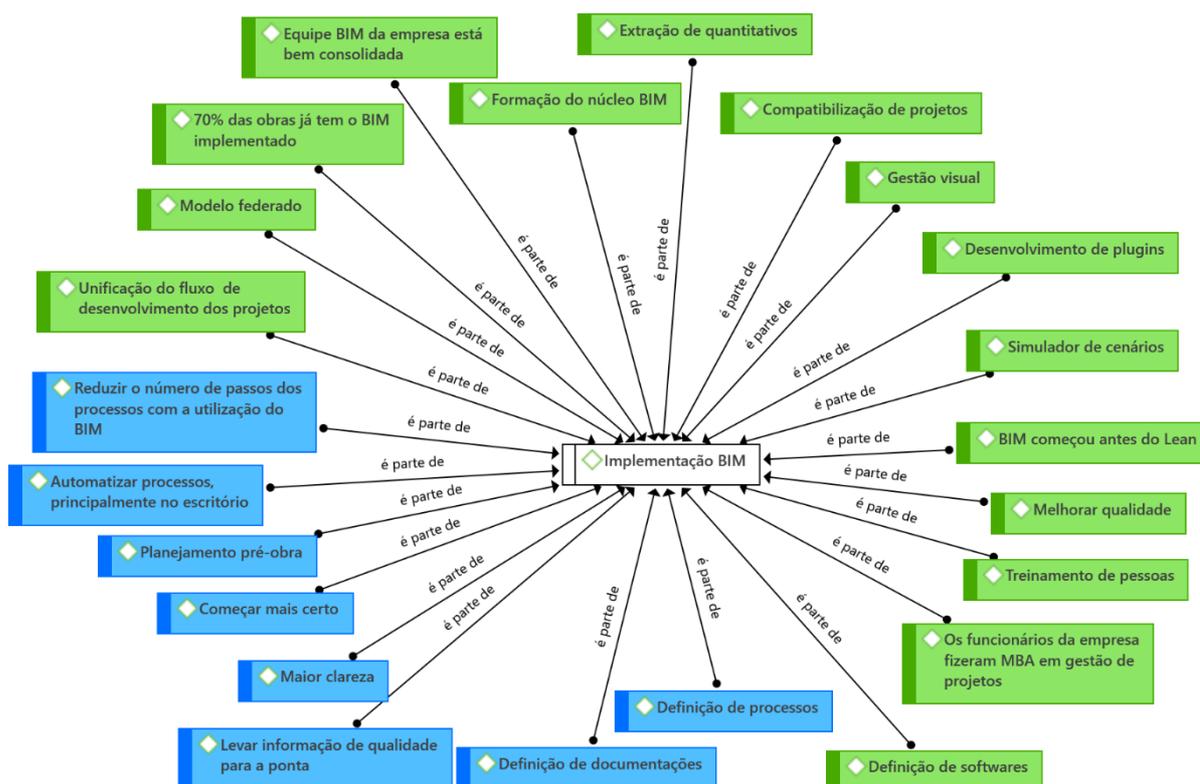
Fonte: Elaborado pela autora

Assim sendo, a implementação do BIM envolveu (Figura 76): compatibilização de projetos; formação do núcleo BIM; treinamento de pessoas; uso de modelo federado; gestão visual; unificação do fluxo de desenvolvimento dos projetos; desenvolvimento de *plugins*; redução do número de passos dos processos (seja no desenvolvimento de projetos ou de planejamento) com a utilização do BIM; automatização de processos; planejamento pré-obra para começar mais certo e com maior clareza; levar informação de qualidade para a ponta, entre outros. Diversos destes pontos citados já mostram sinergia com o *Lean*, mesmo antes da filosofia ser implementada, em especial os quadros pintados de azul na Figura 76.

Atualmente, a empresa já conta com cerca de 70% das obras com o BIM implementado na etapa de desenvolvimento e compatibilização de projetos, planejamento pré-

obra, extração de quantitativos e simulação de cenários. Em 2022, os funcionários dos setores de BIM e de *Lean* realizaram um MBA em gestão de projetos em uma instituição reconhecida internacionalmente e, segundo um dos entrevistados, ele percebeu durante o curso que o setor BIM da empresa D está bem consolidado e maduro, e que a empresa só necessita avançar mais nos usos do BIM para alcançar mais benefícios.

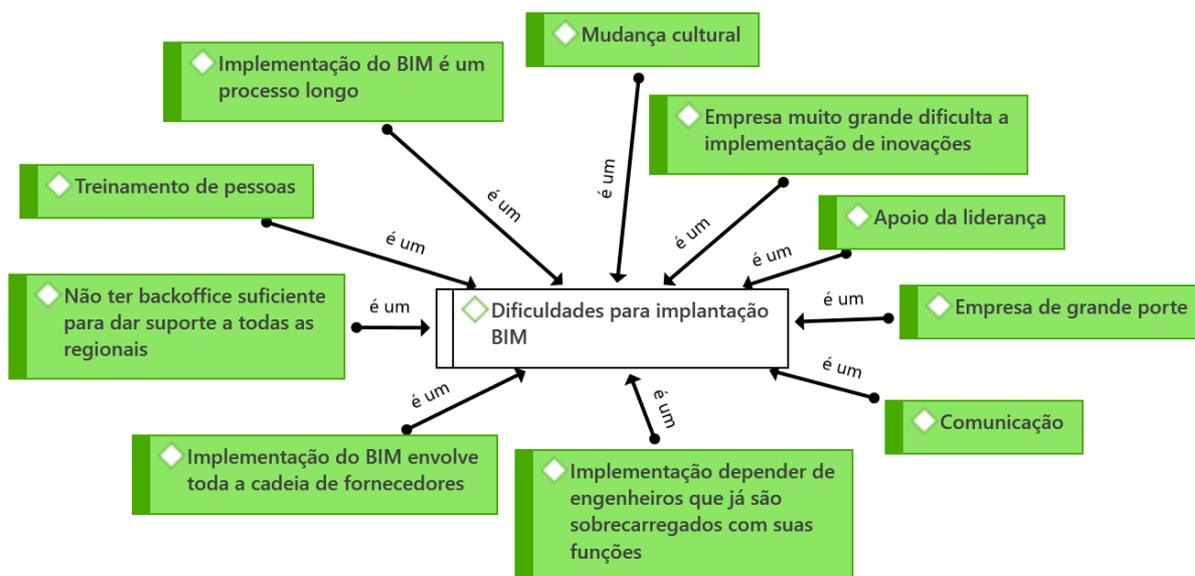
Figura 76 - Implementação BIM - Empresa D



Fonte: Elaborado pela autora

Como dificuldades (Figura 77), os entrevistados citaram principalmente o porte da empresa, que por ser muito grande dificulta a implementação alcançar todas as regionais da mesma forma. A isto também se associa a dificuldade da mudança cultural, da comunicação e do treinamento de toda a empresa. Além disso, os entrevistados ainda citaram não ter *backoffice* suficiente para dar suporte para toda a empresa; a implementação depender de engenheiros nas regionais que já são sobrecarregados com suas atividades e por isso deixam a implementação de BIM para segundo plano; apoio da liderança da empresa; e a implementação envolver toda uma cadeia de fornecedores que também precisaram se adaptar para a realidade do BIM.

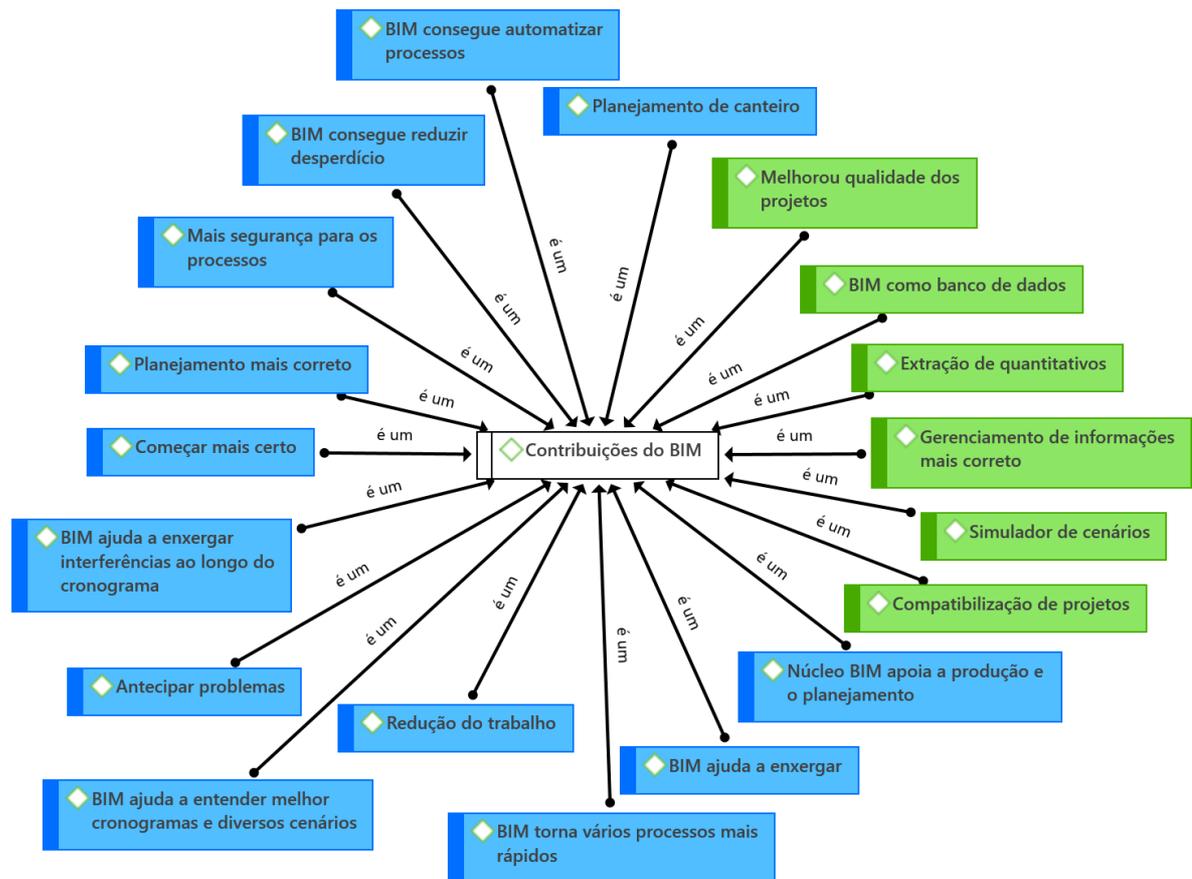
Figura 77 - Dificuldades para implementação BIM - Empresa D



Fonte: Elaborado pela autora

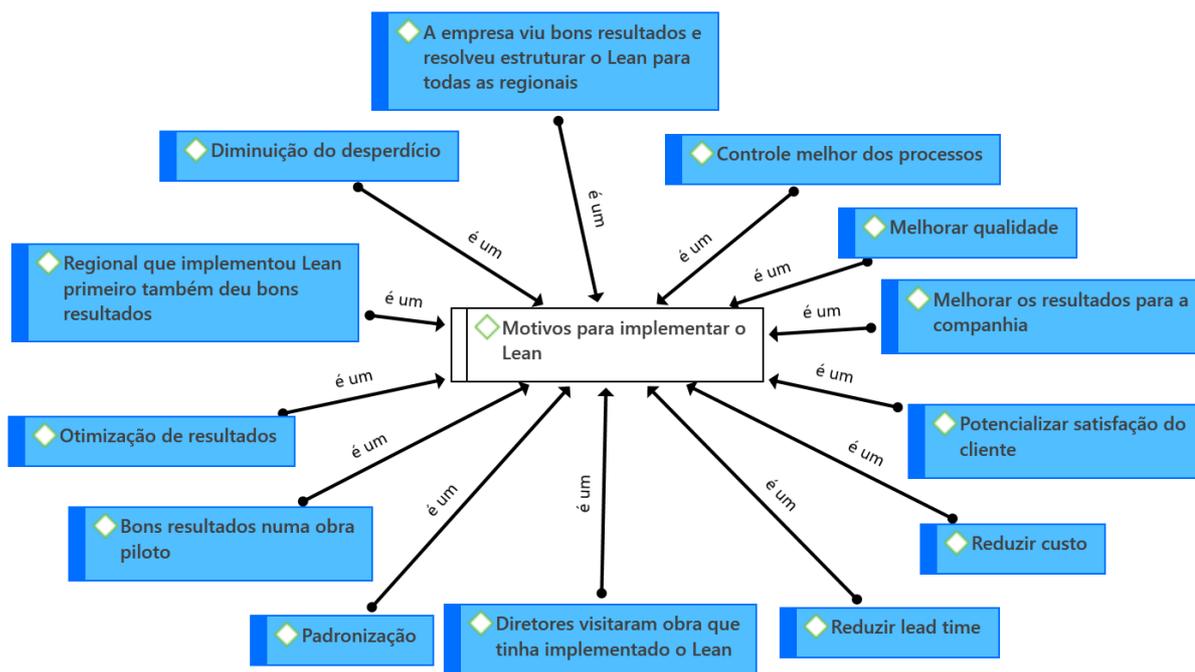
Na Figura 78 estão elencadas as contribuições do BIM apontadas pelos entrevistados, os quadros verdes são as contribuições relacionadas somente ao BIM, os quadros azuis são as contribuições do BIM que mostram alguma sinergia com o *Lean*. Dentre as contribuições estão: extração de quantitativos; gerenciamento mais assertivo das informações; BIM como um banco de dados; melhoria na qualidade dos projetos; BIM ajuda a enxergar (problemas, soluções, métodos construtivos, cronogramas, etc.); simulador de cenários ajuda a escolher a melhor forma de organizar o canteiro e qual sequência construtiva é mais adequada; BIM diminui o número de passos em diversos processos, ao automatizá-los e torná-los mais simples, desta forma, reduz trabalho, reduz desperdício, traz mais segurança e assertividade para começar mais certo. Outros benefícios do BIM podem ser vistos na Figura 78.

Figura 78 - Contribuições do BIM - Empresa D



Fonte: Elaborado pela autora

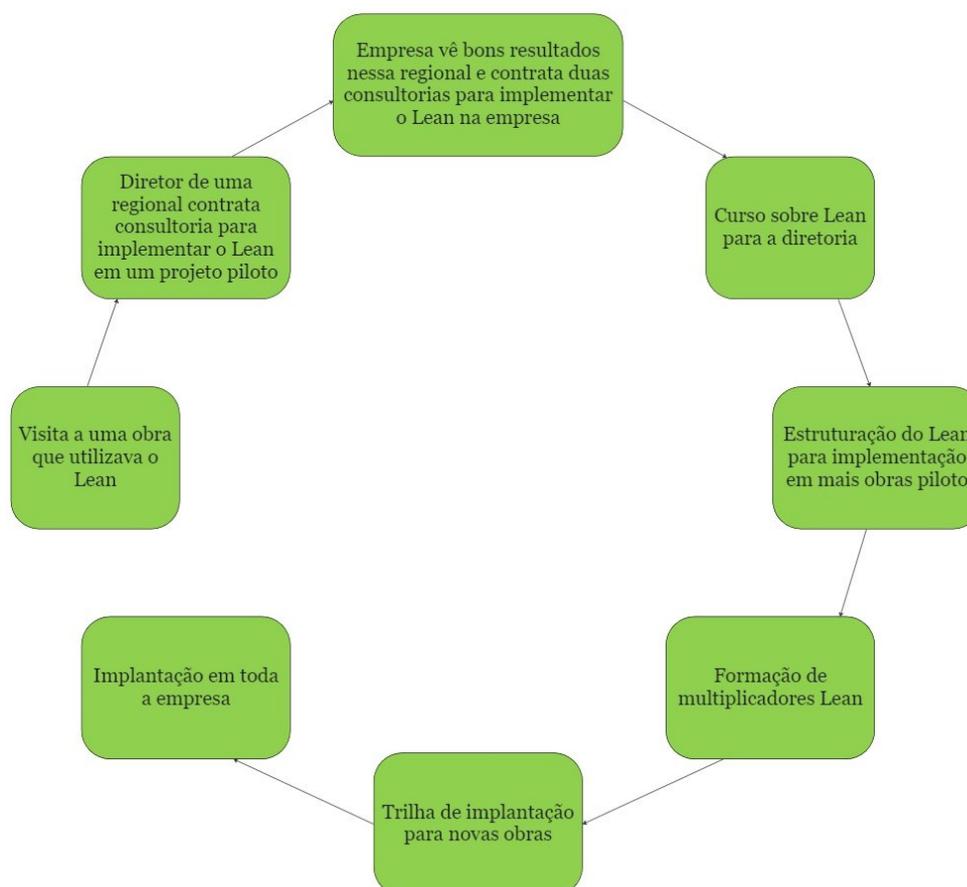
Já para o *Lean*, os motivos que levaram a empresa a adotá-lo, segundo os entrevistados, foram: controle melhor dos processos, melhorar os resultados da companhia, potencializar a satisfação do cliente, reduzir custo, reduzir lead time, diminuição dos desperdícios, entre outros, como mostra a Figura 79.

Figura 79 - Motivos para implementar o *Lean* - Empresa D

Fonte: Elaborado pela autora

A implementação do *Lean Construction* na empresa D (Figura 80) teve início em 2020, após uma visita dos diretores da empresa a uma obra na região Sul do país que estava começando a implementar a filosofia e que em pouco tempo já alcançava bons resultados. Após essa visita, o diretor de uma regional da empresa resolveu, por meio de uma consultoria, implementar o *Lean* como projeto piloto em uma obra da sua regional. Em seguida, quando a liderança da empresa D viu que aquela regional que implementou o *Lean* já apresentava bons resultados, contratou duas consultorias para implementar em toda a empresa

Para isso, além da consultoria, a diretoria fez um curso sobre liderança *Lean* e um plano de implementação foi estruturado, com mais obras piloto espalhadas pelas regionais. A partir dos treinamentos dados pelas consultorias, eram formados multiplicadores *Lean* em cada obra, que eram responsáveis por transmitir o conhecimento e a prática do *Lean* para os demais funcionários da regional. O plano de implementação da empresa D ficou conhecido como trilha *Lean* e nele haviam passos a serem seguidos e ferramentas e métodos *Lean* escolhidos pela empresa para serem implementados em novas obras. Atualmente a empresa não conta mais com consultoria externa para implementação do *Lean*, mas continua avançando com a adoção.

Figura 80 - Processo de implementação do *Lean* - Empresa D

Fonte: Elaborado pela autora

A implementação *Lean* (Figura 81) foi embasada no tripé de pessoas, processos e tecnologia, por isso, assim como na implementação do BIM, houveram treinamentos, definição e automatização de processos. Os entrevistados relataram que a implementação do *Lean* deve ser *top-down* e deve ser ligada ao planejamento estratégico da empresa para que tenha mais sucesso, além de que possuir uma trilha *Lean* mais simplificada facilita a implementação.

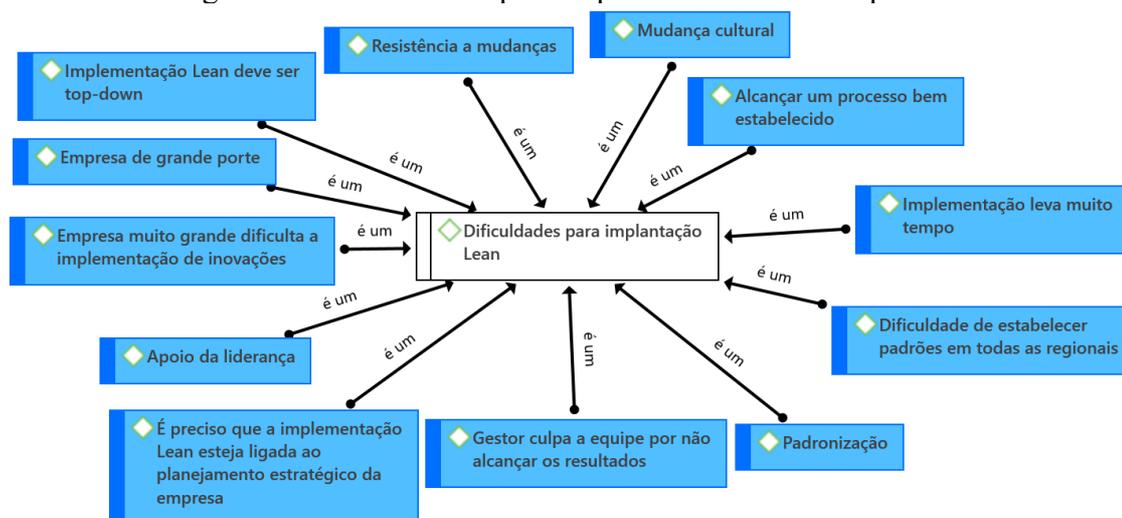
Desta forma, as ferramentas *Lean* escolhidas para implementação foram principalmente o *Last Planner*, a Sala de Guerra (conhecida também como *Big Room* ou *Obeya Room*) e o A3, sendo o A3, a principal ferramenta utilizada para solucionar problemas. Com o passar do tempo, o setor de planejamento já conseguiu definir os ritmos padronizados das obras, as Estruturas Analíticas de Projetos (EAPs) foram reestruturadas e os indicadores *Lean* foram definidos, e os escritórios da empresa também passaram por treinamentos e implantação do *Lean office*.

Figura 81 - Implementação *Lean* - Empresa D

Fonte: Elaborado pela autora

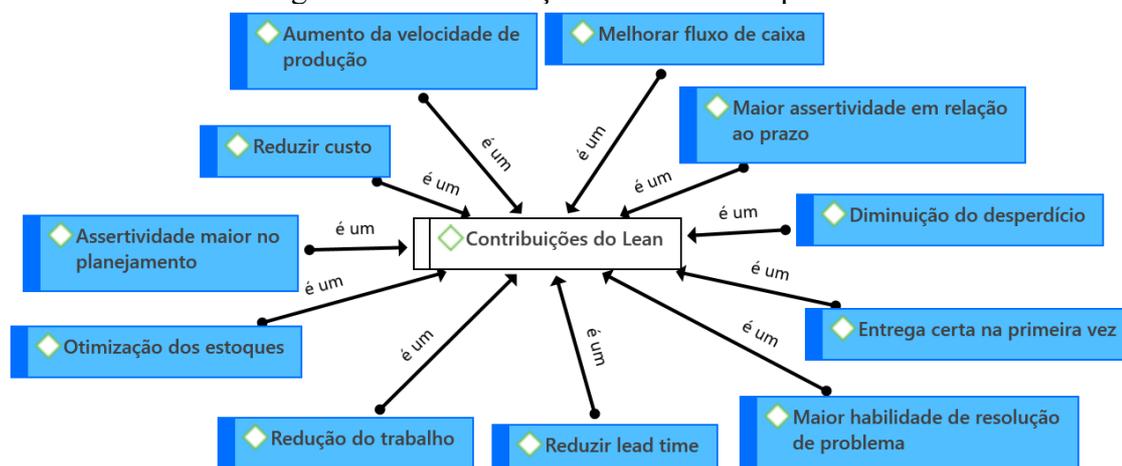
Algumas dificuldades apresentadas para implementação do *Lean* (Figura 82) foram semelhantes às apresentadas pelo BIM, como: mudança cultural, resistência a mudanças, porte da empresa e apoio da liderança. Como a empresa é de grande porte, a implementação leva um tempo maior e demora a alcançar um processo bem estabelecido, além de que é mais difícil de se estabelecer padrões para que todas as regionais se adequem.

Na opinião de um dos entrevistados, ainda falta um maior apoio da liderança e uma implementação mais *top-down*. Segundo este entrevistado, a implementação vem sendo mais puxada por funcionários do setor de planejamento do que pela diretoria. Aconteceu também de, em uma regional, o diretor culpar a sua equipe por não alcançar os resultados, porém, posteriormente foi demonstrado que quando a implementação é puxada pela liderança, os resultados são alcançados mais facilmente.

Figura 82 - Dificuldades para implementar *Lean* - Empresa D

Fonte: Elaborado pela autora

Como contribuições do *Lean* foram apontados: redução do custo, melhoria do fluxo de caixa, aumento da velocidade de produção, maior assertividade em relação ao prazo, diminuição do desperdício, entrega certa na primeira vez, maior habilidade de resolução de problemas, redução do *lead time*, otimização dos estoques e maior assertividade no planejamento.

Figura 83 - Contribuições do *Lean* - Empresa D

Fonte: Elaborado pela autora

Quanto à integração entre *Lean* e BIM, os entrevistados relataram que os próprios funcionários dos setores de BIM e de planejamento perceberam que havia sinergia entre BIM e *Lean*, e eles mesmos começaram a tentar integrar algumas práticas para que os dois unidos pudessem ter mais força e maior alcance na integração, como mostrado a Figura 84.

Figura 84 - Começo da integração BIM e *Lean* - Empresa D

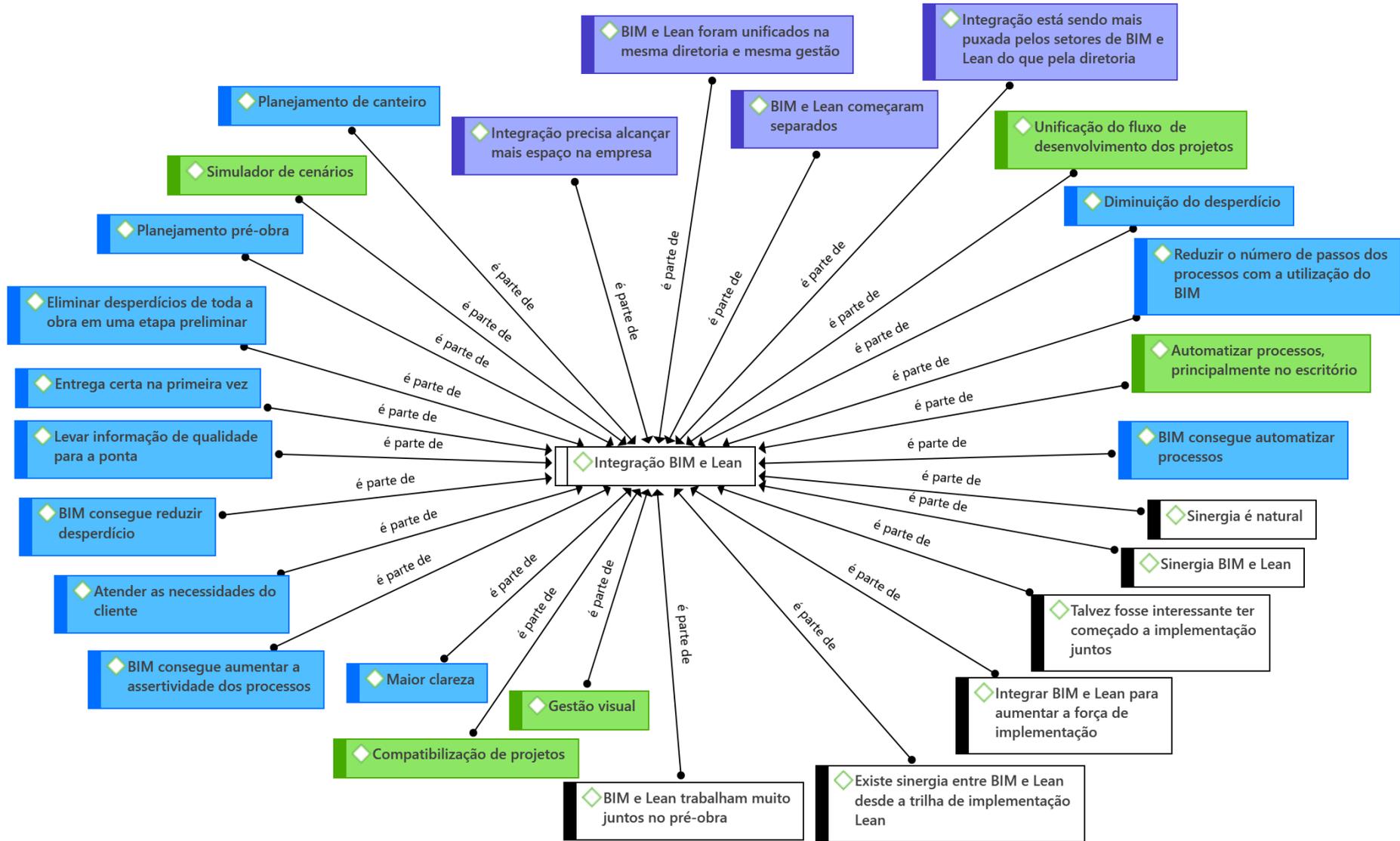
<p>☰ 1:47 ¶ 27 in Transcrição - ENTREVISTA 01 - EMPRESA D</p> <p>A gente tá tentando organizar o BIM e o Lean juntos pra chegar unindo forças entre esses dois departamentos, unindo força pra chegar e entregar essa dobradinha na ponta com uma maior facilidade. A gente tenta usar o nosso consultor Lean pra promover o BIM</p>	<p>☰ 1:48 ¶ 27 in Transcrição - ENTREVISTA 01 - EMPRESA D</p> <p>A gente tem essas reuniões pré-obra que a gente faz em conjunto, criou um guia recentemente que é o BIM com o Lean nesse pré-obra, então é algo que a gente tá atacando muito, então, entendo que a gente começa a unir forças e a ganhar, a conseguir esses resultados por ambos os lados de forma integrada.</p>
--	---

Fonte: Elaborado pela autora

Como a empresa implementou o *Lean* em 2020, a integração entre *Lean* e BIM teve início recentemente, em 2022, e até agora, tem se concentrado principalmente em planejamento pré-obra, porém, várias conclusões já puderam ser tiradas a partir desta empreitada. Segundo os entrevistados, a sinergia é natural e em algum momento a integração acontecerá. Um dos entrevistados mencionou que talvez tivesse sido interessante implementar BIM e *Lean* ao mesmo tempo, para juntar as forças de implementação e enfrentar as resistências às mudanças simultaneamente, contudo, ele ainda acrescentou que a abertura da empresa deve ser respeitada, e que a implementação deve acontecer em um momento em que a diretoria esteja aberta a aceitar e incentivar as mudanças.

O simulador de cenários, já mencionado anteriormente, que foi criado internamente na empresa é a maior integração alcançada pela empresa até agora. Com ele é possível decidir em alguns minutos os locais mais propícios para grandes equipamentos ou o melhor sequenciamento de atividades na obra, de forma a aproveitar melhor os dados prévios da obra e gerar uma curva de produção real, o que traz muito mais assertividade e reduz custos e incertezas. Os pontos relacionados a integração entre *Lean* e BIM que foram mencionados pelos entrevistados podem ser conferidos na Figura 85. Nesta figura, os códigos que estão em branco e preto são aqueles relacionados tanto ao BIM quanto ao *Lean*.

Figura 85 - Interação BIM e Lean - Empresa D



Fonte: Elaborado pela autora

4.2.5 Análise dos resultados

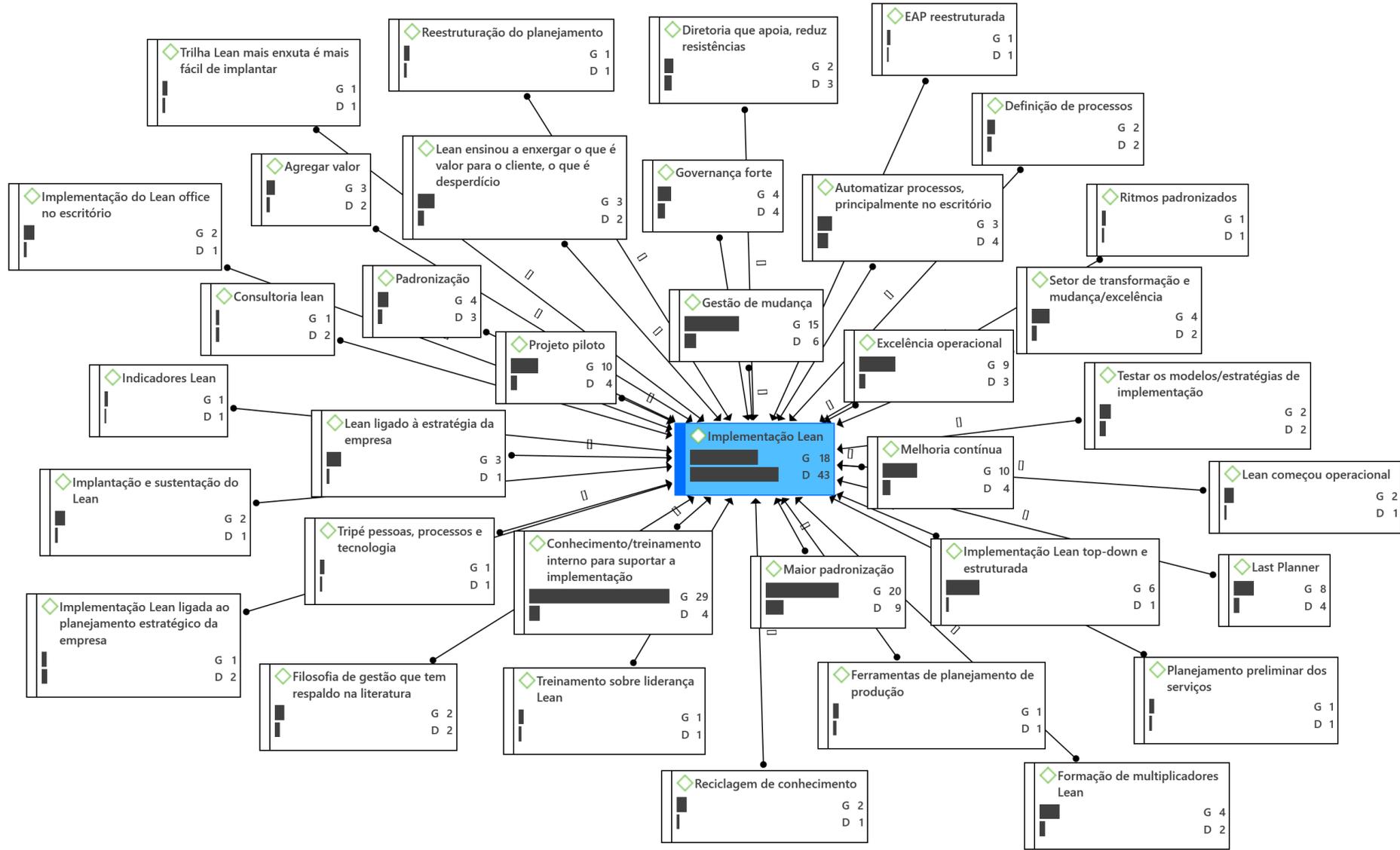
A fim de reunir os resultados encontrados a partir das entrevistas, os principais pontos sobre implementação de *Lean* e de BIM e a integração entre eles nas quatro empresas foram sintetizados nas questões a seguir:

- Implementação *Lean* / Implementação BIM: aspectos mais importantes para implementação na empresa, sejam ferramentas, métodos, processos, trajetória, forma de implementação;
- Motivos para implementação: o que levou a cada empresa buscar a implementar *Lean* e BIM;
- Desafios para implementação: os principais obstáculos para as implementações;
- Contribuições da implementação: principais benefícios encontrados pelas empresas devido a implementação de BIM e *Lean*.

As análises das empresas foram mescladas em um único arquivo no software Atlas.ti para que fosse possível a análise de todas as empresas em conjunto. Nestas análises foram exibidas as frequências que cada um dos códigos foi atribuído ao longo das entrevistas, a fim de demonstrar a relevância dos códigos. Nas figuras exportadas do Atlas.ti, a letra G caracteriza a frequência dos códigos, ou magnitude, e a letra D, a quantidade de vezes que foi relacionado a outro código, ou densidade. Além disso, foi verificado quais tópicos se repetiram e quais foram exclusivos de cada empresa, ilustrados por meio de diagramas ou tabelas.

Como mostra a Figura 86, na implementação *Lean*, os códigos mais citados foram treinamento/conhecimento, maior padronização, gestão da mudança, melhoria contínua, projeto piloto, excelência operacional, *Last Planner*, e implementação *Lean* estruturada. Isto demonstra que, acima da utilização de ferramentas, é necessário atentar para mudanças de mentalidade que enfoquem na padronização, melhoria contínua e excelência operacional, e, para se alcançar isto é necessário treinamento, gestão da mudança, implementação estruturada, e utilização de ferramentas que proporcionem a aplicação da filosofia, como é o caso do *Last Planner System*.

Figura 86 - Implementação *Lean*

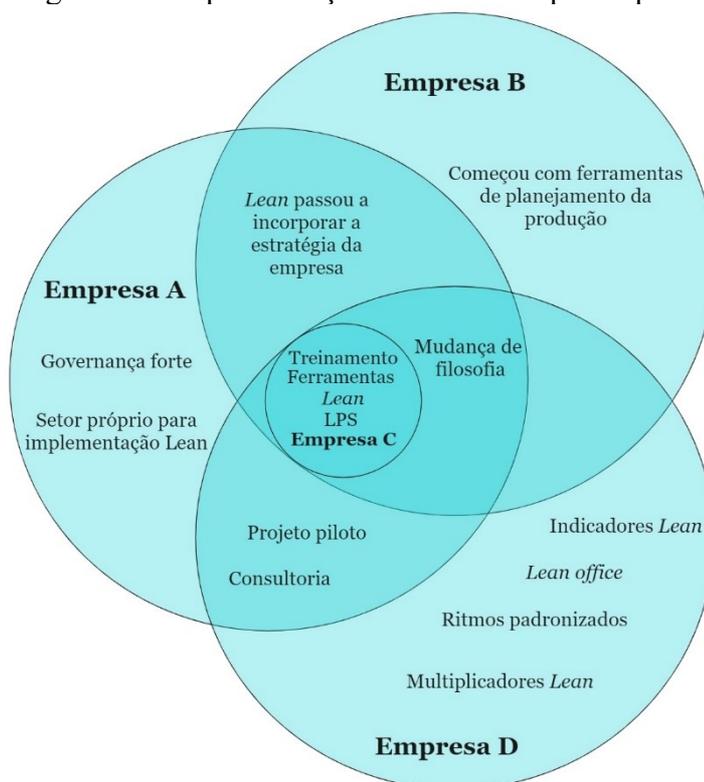


Fonte: Elaborado pela autora

O que foi comum para todas as empresas na implementação de *Lean* (Figura 87) foi a utilização de ferramentas *Lean*. Outras ferramentas *Lean* comentadas durante as entrevistas foram *Heijunka box*, *Kanban*, Sala de guerra (também conhecida como *Big Room* ou *Obeya Room*), *A3*, *5S*, *Kamishibai*, *Gemba* e *Andon*. Outro aspecto comentado em todas as entrevistas foi a questão de treinamento. Todas as empresas prezaram pelo treinamento de seus funcionários e seus diretores, para que compreendessem bem o que é o *Lean Construction*, quais ferramentas seriam implementadas e como utilizá-las.

Os aspectos comuns a todas as empresas, conforme comentado acima, podem ser compreendidos como o início da implementação *Lean*, ou seja, não quer dizer que implementando ferramentas e realizando treinamentos se terá o *Lean Construction* completamente implementado. Isto pode ser observado a partir dos aspectos apresentados pelas empresas A, B e D, que foram mais além e buscaram implementar a filosofia de forma mais abrangente, como pode ser visto a seguir.

Figura 87 - Implementação *Lean* – Principais tópicos



Fonte: Elaborado pela autora

Para as empresas A, B e D, uma mudança de mentalidade foi fundamental para a implementação de *Lean*. Nestas empresas foi percebido que mesmo os funcionários que não eram do setor de planejamento ou do setor de implementação *Lean* estavam imbuídos da

filosofia *Lean*, de buscar a melhoria contínua, do que mais agrega valor para o cliente, da padronização, etc, elementos que Womack e Jones (2003) já afirmaram ser mais importantes do que a mera utilização de ferramentas. Isto não quer dizer que na empresa C não aconteça da mesma forma, mas nesta empresa a implementação pareceu ter sido mais focada na utilização de ferramentas *Lean* no canteiro de obras.

Cada empresa teve os seus diferenciais nesta implementação. Nas empresas A e D o começo da implementação *Lean* foi por meio de projetos piloto e consultorias que foram importantes para ajudar a mostrar bons resultados e estruturar a implementação para toda a companhia. Nas empresas A e B, o *Lean Construction* logo passou a incorporar a estratégia de longo prazo, e o modo de ser da empresa passou a ser embasado na filosofia, corroborando com o que afirmam Bhasin e Burcher (2006) de que o *Lean* deve ser enxergado como uma filosofia para que mais melhorias sejam possíveis e para que o processo de implementação tenha mais sucesso. Apesar da empresa D estar passando pela mudança de mentalidade em toda a empresa, um dos entrevistados acredita que o *Lean* ainda não faz parte da estratégia da empresa, até mesmo por essa implementação ser muito recente.

A implementação de *Lean* na empresa A seguiu passos semelhantes ao sugerido por Sarhan et al. (2020) (Figura 4), uma vez que esta empresa possuía uma governança forte que apoiou e incentivou a implementação de *Lean*, contribuindo para o sucesso da implementação. Além disso, a empresa A implantou um setor específico para implementação de *Lean*, conhecido como setor de excelência, responsável também pela gestão de mudanças e gestão de comunicação. Aliado a isso, a empresa A implementou diversas ferramentas, de acordo com suas necessidades. Por fim, esta empresa ainda busca manter relações de longo prazo com seus fornecedores.

Na empresa B, a implementação de *Lean* começou a partir da utilização de ferramentas de planejamento da produção, porém, logo evoluiu e passou a incorporar a estratégia da empresa, uma vez que uma abordagem estratégica na implementação *Lean* pode auxiliar no planejamento coerente das necessidades da empresa (BARROS NETO, 2002). Na empresa D, a formação de multiplicadores *Lean* foi importante, para conseguir difundi-lo em toda a empresa, como também, a utilização de indicadores, a implementação do *Lean office* e a padronização dos ritmos de produção.

Os motivos que levaram as empresas a implementar o *Lean* foram diversos e podem ser vistos na Figura 88. Os mais citados foram a busca por melhoria contínua, diminuição dos

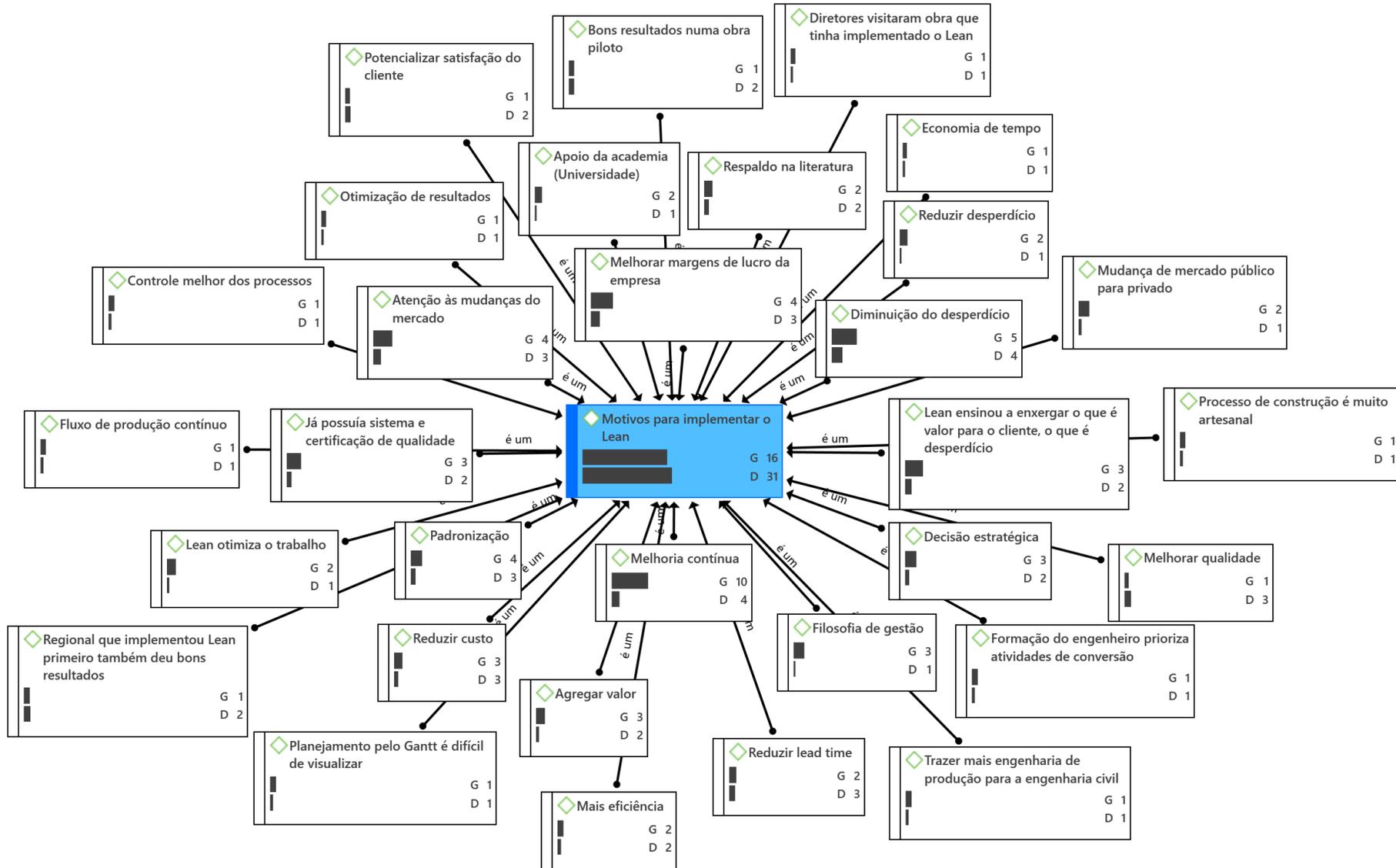
desperdícios, padronização, atenção às mudanças do mercado e melhorar as margens de lucro da empresa.

Os motivos que foram comuns às empresas podem ser conferidos na Figura 89. Como os motivos que levaram a empresa C para implementar o *Lean* também foram manifestados nas demais empresas, a empresa C ficou no meio do diagrama da Figura 89. As empresas A e D tiveram um começo parecido, com uma pessoa implementando o *Lean* e conseguindo bons resultados. Na empresa A, foi um engenheiro gestor que implementou em sua obra e na empresa D foi o diretor de uma regional que implementou em uma das obras de sua regional. Ambos obtiveram bons resultados em um curto prazo, o que chamou a atenção da liderança das empresas e as levou a implementar na empresa como um todo após passarem por um período de adaptação e estruturação da implementação.

A empresa B teve um incentivo acadêmico através de um professor de uma Universidade que estimulou o diretor da empresa a participar de um congresso sobre construção enxuta. O diretor da empresa B dá muita importância a área acadêmica, por isso ter os benefícios trazidos pelo *Lean* bem documentos em artigos científicos também o fez buscar esta implementação. Outro ponto importante para este diretor foi o *Lean* possuir uma filosofia de gestão, o que na opinião dele, falta aos engenheiros civis recém-formados que são treinados a se importar apenas com as atividades de transformação das obras.

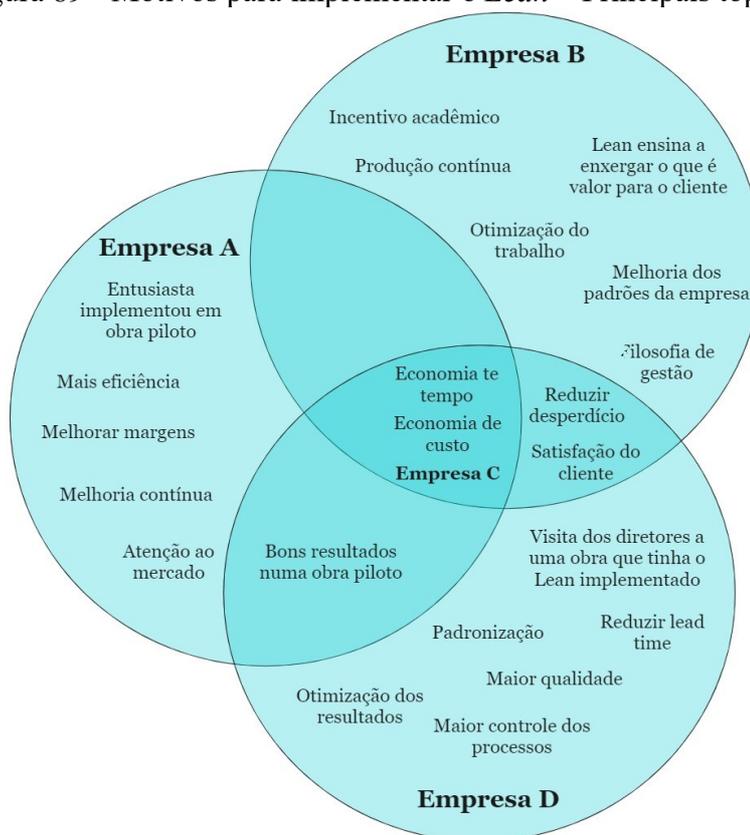
Fora estes motivos específicos citados acima, todas as empresas apresentaram motivações parecidas, em especial os que trazem benefícios para a empresa como: economia de tempo, economia de custo, mais eficiência, melhorar as margens de lucro, melhoria contínua, produção contínua, otimização do trabalho, reduzir desperdício, melhorar os padrões da empresa, maior padronização, satisfação do cliente, redução do *lead time*, maior qualidade e maior controle dos processos. A empresa A ainda deixou de se dedicar exclusivamente em concorrer em licitações de obras públicas, e passou a executar obras particulares, o que requer maior controle de gastos e maior eficiência em seus processos.

Figura 88 - Motivos para implementar o *Lean*



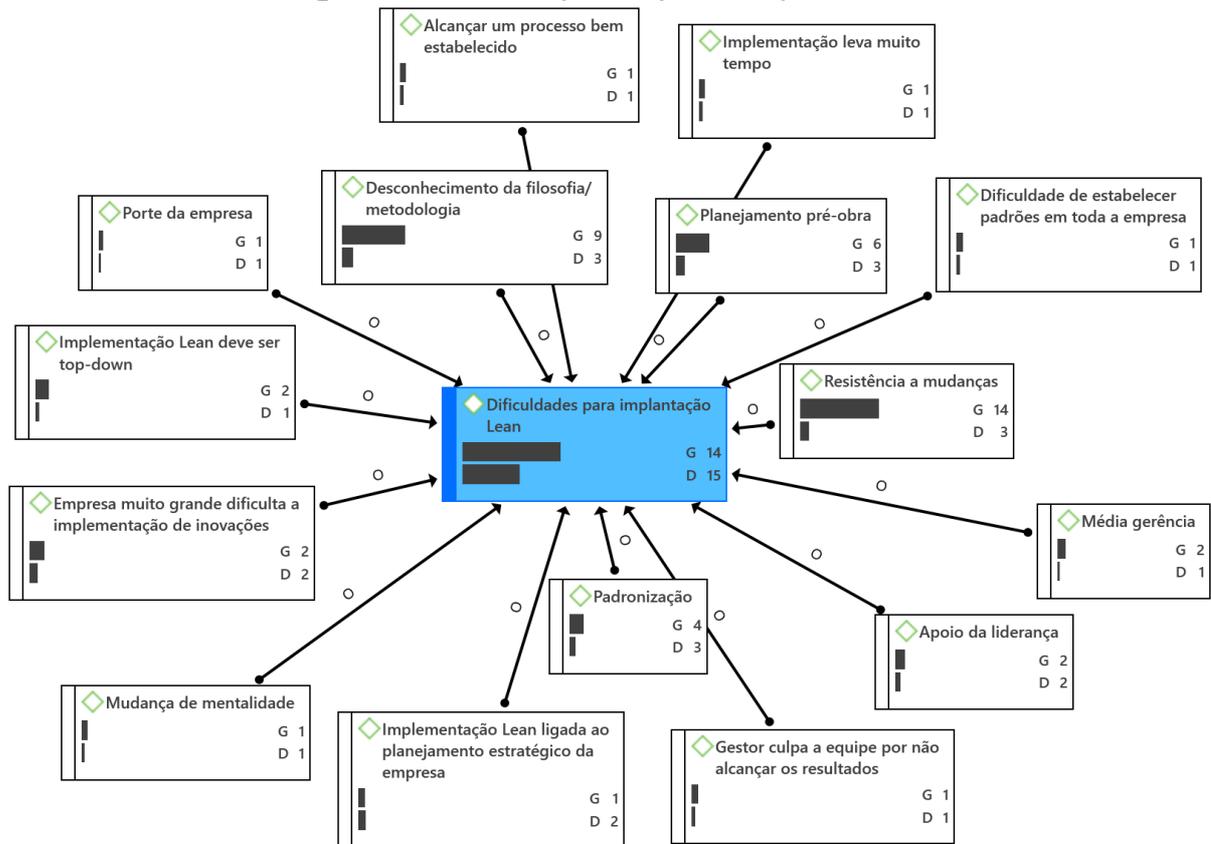
Fonte: Elaborado pela autora

Figura 89 - Motivos para implementar o *Lean* – Principais tópicos



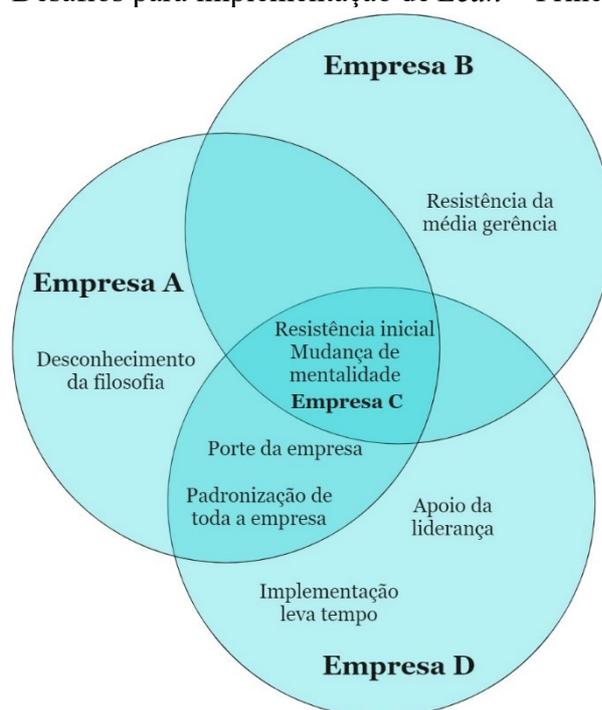
Fonte: Elaborado pela autora

As dificuldades enfrentadas pelas empresas relacionadas a implementação de *Lean* (Figura 90) mais citadas foram resistência a mudanças; desconhecimento da filosofia/metodologia; e as adaptações da empresa para buscar maior padronização.

Figura 90 - Desafios para implementação de *Lean*

Fonte: Elaborado pela autora

Em relação a cada empresa, os desafios foram bastante semelhantes e ficaram em torno da dificuldade de mudança cultural e resistência inicial devido ao desconhecimento da filosofia. As empresas A e D tiveram um obstáculo devido ao porte da empresa, que dificulta a disseminação do *Lean* e padronização de toda a empresa, o que torna a implementação mais demorada. A empresa B encontrou resistência em especial na média gerência, e a empresa D ainda não possui total apoio da liderança para implementação de *Lean*.

Figura 91 - Desafios para implementação de *Lean* – Principais tópicos

Fonte: Elaborado pela autora

As contribuições devido a implementação de *Lean* podem ser conferidas também no Quadro 11, no qual são mostradas as contribuições, em qual empresa foi encontrada e uma fonte que corrobora com cada contribuição. As empresas A e B apresentaram mais contribuições com a implementação de *Lean* do que as demais empresas. Isto provavelmente se deu devido ao *Lean* fazer parte da estratégia da empresa e, portanto, pela diretoria apoiar e incentivar não apenas a utilização de ferramentas, como também a mudança de mentalidade para adoção da filosofia *Lean*.

Quadro 11 - Contribuições do *Lean*

Fontes	Contribuições <i>Lean</i>	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D
(SECCHI; CAMUFFO, 2019)	Maior padronização	✓	✓		✓
(SCHIMANSKI; MARCHER; et al., 2020)	Diminuição da curva de aprendizado	✓			
(HEIGERMOSER et al., 2019)	Antecipar problemas	✓	✓		
(TOLEDO; OLIVARES; GONZÁLEZ, 2016)	Identificar restrições	✓	✓	✓	
(ARAYICI et al., 2011)	Redução de desperdícios	✓	✓		✓

Continua

Continuação do Quadro 11					
(KHAN; TZORTZOPOULOS, 2014)	Agregar valor	✓	✓		
(FOSSE; BALLARD; FISCHER, 2017)	Produção puxada	✓			
(OSORIO-GOMEZ et al., 2020)	Melhor posicionamento da empresa no mercado	✓	✓		✓
(GÓMEZ-SÁNCHEZ; PONZ-TIENDA; ROMERO-CORTÉS, 2019)	Utilização de indicadores	✓	✓		✓
(HAJJ; JAWAD; MONTES, 2021)	Maior organização	✓			
(KHAN; TZORTZOPOULOS, 2014)	Maior colaboração	✓			
(SCHIMANSKI; MARCHER; et al., 2020)	Maior da transparência	✓	✓		
(ASLAM; GAO; SMITH, 2021)	Uso da gestão visual	✓	✓	✓	✓
(SACKS et al., 2017)	Melhor planejamento	✓	✓		✓
(HEIGERMOSER et al., 2019)	Maior produtividade	✓	✓		
(GÓMEZ-SÁNCHEZ; PONZ-TIENDA; ROMERO-CORTÉS, 2019)	Mentalidade <i>Lean</i>	✓	✓		✓
(SACKS; RADOSAVLJEVIC; BARAK, 2010)	Maior controle da produção		✓		
(SCHIMANSKI et al., 2019)	Maior estabilidade		✓		
(SACKS; RADOSAVLJEVIC; BARAK, 2010)	Melhor ritmo de produção	✓	✓		
(BALLARD, G.; HOWELL, 1998)	Produção protegida		✓		
(AMANY, TAGHIZADE; NOORZAI, 2020)	Reunião de acompanhamento mensal			✓	
(KOSEOGLU; SAKIN; ARAYICI, 2018)	Redução de custo				✓
(SARHAN et al., 2020)	Entrega certa na primeira vez				✓
(SARHAN et al., 2020)	Redução do lead time	✓			✓
(FOSSE; BALLARD; FISCHER, 2017)	Otimização dos estoques	✓			
(SINGHAL; AHUJA, 2018)	Fidelização dos clientes	✓			

Continua

Continuação do Quadro 11		
(SINGHAL; AHUJA, 2018)	Admiração dos clientes	✓
(AHUJA; SAWHNEY; ARIF, 2018)	Excelência operacional	✓

Fonte: Elaborado pela autora

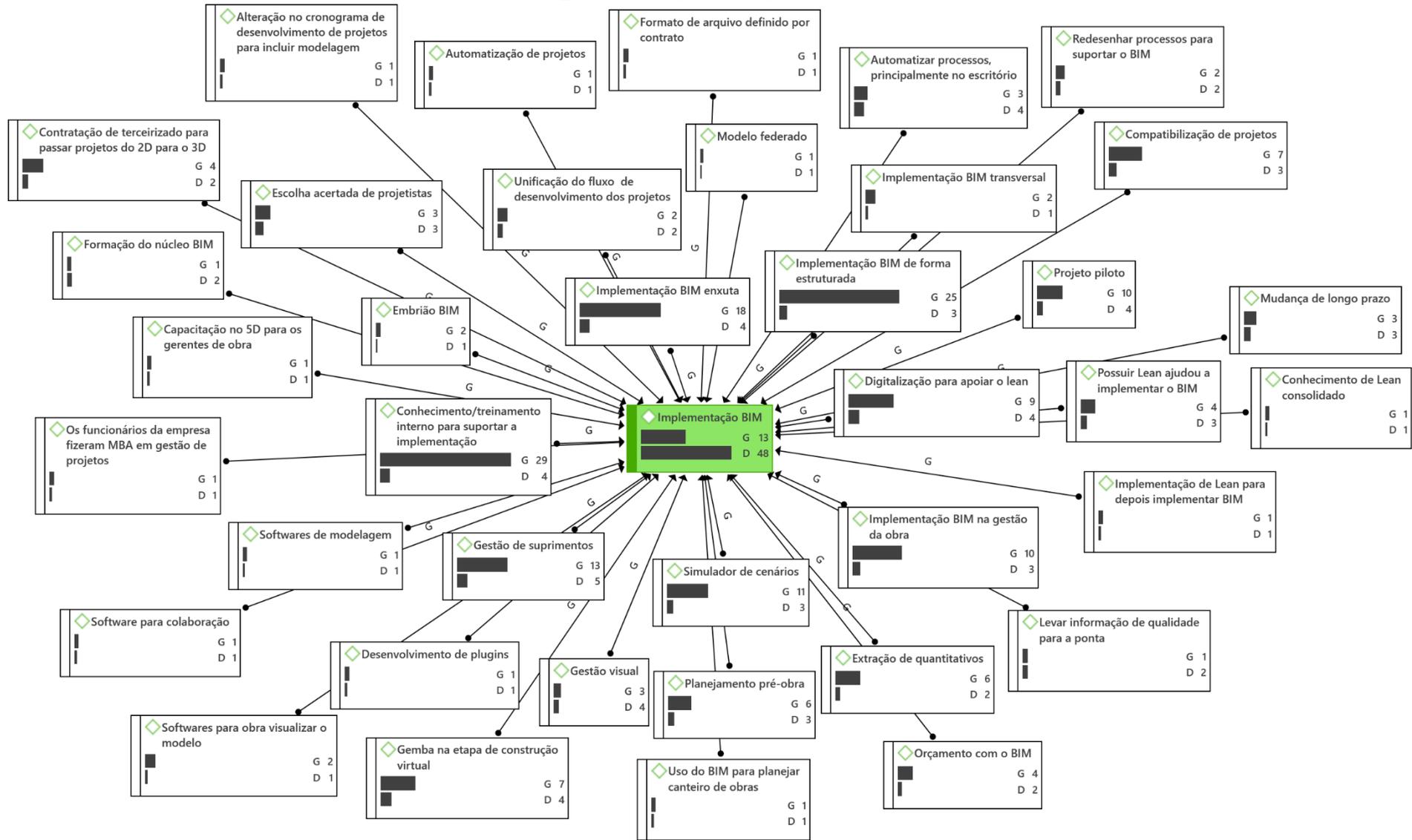
Muitos itens foram elencados como importantes para implementação de BIM (Figura 92). Os mais citados foram: importância do treinamento interno para suportar a implementação; implementação BIM de forma enxuta e estruturada, que seria aquela que acontece após a implementação de *Lean* e pensada e executada de forma a otimizar processos, reduzir desperdício e agregar valor à empresa; gestão de suprimentos; implementação BIM na gestão da obra; projeto piloto; entre outros. Os demais tópicos podem ser conferidos na Figura 92.

Todas as empresas mencionaram a importância do treinamento em BIM para a correta implementação (Figura 93), como por exemplo na empresa D, todos os funcionários dos setores de *Lean* e BIM fizeram um MBA em Gerenciamento de Projetos, o que mostra a importância que a empresa dá para o treinamento. Os entrevistados da empresa A informaram que houveram vezes em que valeu a pena capacitar até mesmo os projetistas terceirizados da empresa para que fosse possível progredir na implementação de BIM.

Todas as empresas começaram a utilizar o BIM na transformação de desenhos 2D para modelos 3D nos projetos de arquitetura. As empresas A e C contrataram projetistas terceirizados para fazer essa transformação, e a empresa D fez essa transição com projetistas internos. Outro aspecto comum a todas as empresas foi o benefício da extração de quantitativos a partir do modelo. Para empresa A, por exemplo, isso a ajudou a fazer pedidos mais corretos e a ter um melhor relacionamento com fornecedores.

Para empresa A e B foi importante já possuir o *Lean* anteriormente para auxiliar na implementação de BIM, porque, segundo os entrevistados, permitiu implementar o BIM de forma mais enxuta, selecionando o que é importante e adaptando os processos da empresa para receber o BIM. Ademais, para estas empresas, o BIM foi implementado para tornar a empresa mais *Lean*, o que indica uma via de mão dupla de benefícios entre as duas práticas.

Figura 92 - Implementação BIM

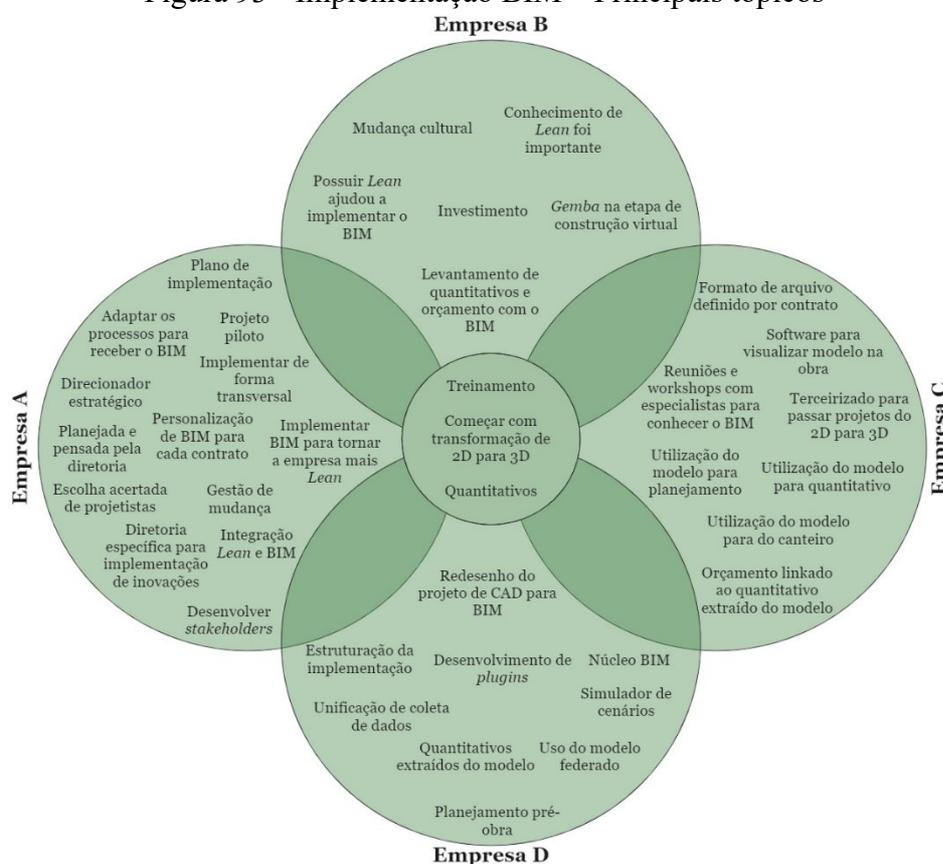


Fonte: Elaborado pela autora

Assim como Barros Neto (2016) afirmou que deve ser feito, na empresa A a implementação de BIM foi planejada pela diretoria que logo designou um setor específico para implementação de inovações e mudanças organizacionais e escolheu como direcionador estratégico da empresa a integração entre *Lean*, BIM e inovação. Como a empresa A executa diversos tipos de obra, a setor de BIM decidiu selecionar os usos de BIM que seriam utilizados de acordo com cada projeto, a fim de escolher os usos específicos que mais podem trazer benefícios para determinado contrato.

A empresa B passou por uma mudança cultural na forma de pensar, planejar e modelar os projetos graças ao BIM. Para esta empresa, o BIM é mais utilizado para realização de *Gemba* virtual e levantamento de quantitativos e orçamento. Na empresa C, uma questão importante foi a definição, em contrato, do formato do arquivo que deveria ser entregue pelos projetistas à empresa, dessa forma, ficou estabelecido que os projetos deveriam ser modelados em *softwares* BIM. Já na empresa D, o aspecto que mais se destacou foi o desenvolvimento de *plugins* pela própria empresa, para auxiliar no desenvolvimento de soluções que eram necessárias.

Figura 93 - Implementação BIM – Principais tópicos



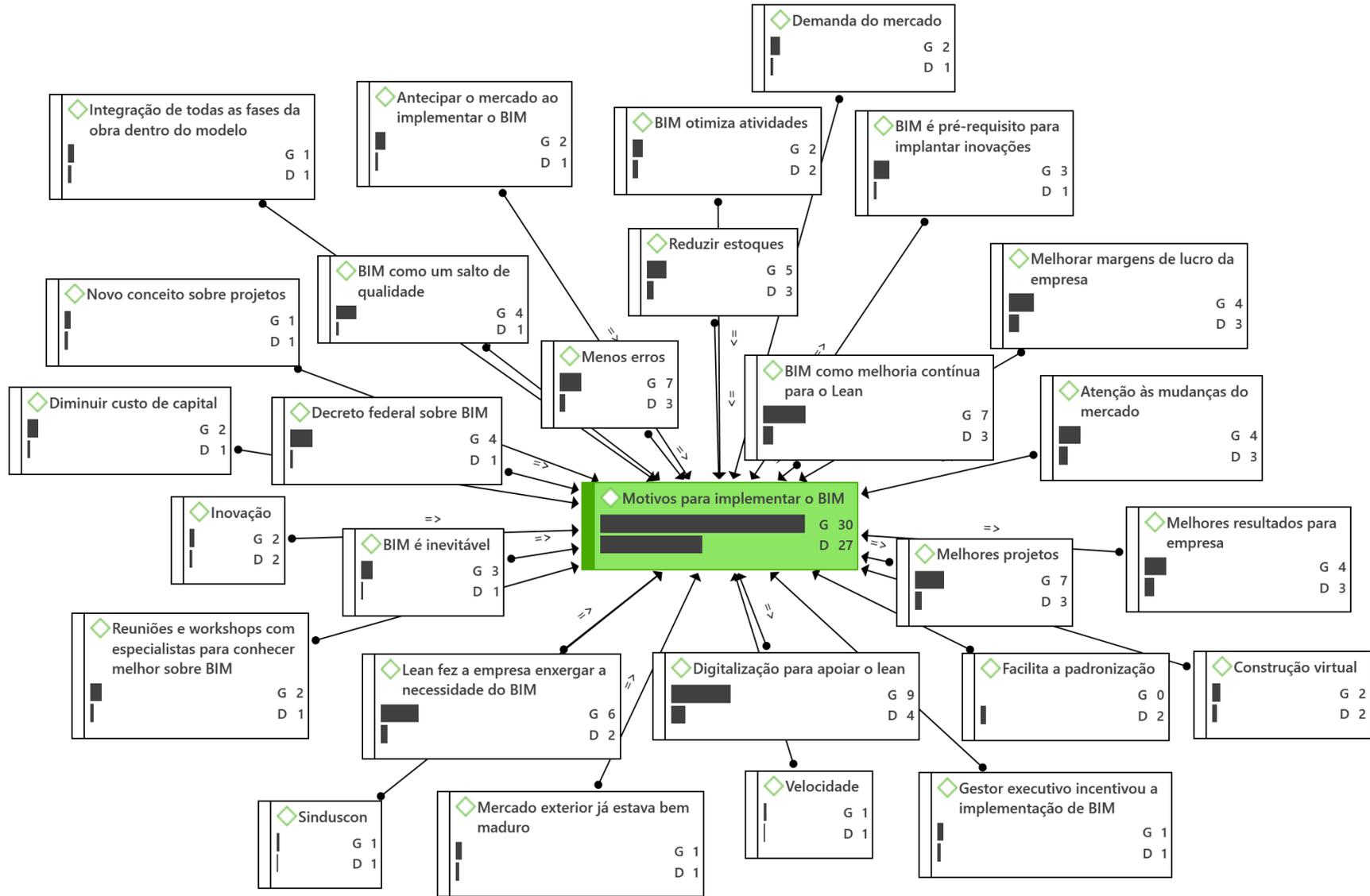
Fonte: Elaborado pela autora

Os principais motivos que levaram as empresas a implementarem o BIM foram (Figura 94): digitalização para apoiar o *Lean*, pois o BIM foi um salto de melhoria para o *Lean* e para a empresa e o próprio *Lean* fez a empresa enxergar a necessidade de implementar o BIM; a busca por melhores projetos; menos erros nas representações e na execução das obras; redução de estoques; entre outros.

Os motivos para implementação de BIM comuns a todas as empresas foram (Figura 95): a demanda do mercado e a obrigação legal imposta pelo governo federal para utilização de BIM em projetos públicos. Isto mostra que o mercado brasileiro está atento às mudanças e inovações que podem trazer melhorias para o setor da construção, e que o incentivo do governo foi determinante para a difusão e adoção do BIM no Brasil. Desta forma, pode se considerar que o BIM é inevitável, ou seja, as empresas que desejarem se inserir no mercado, seja público ou privado, devem se preocupar em implementar o BIM nos mais diferentes usos, para extrair o máximo de benefícios que o BIM pode proporcionar.

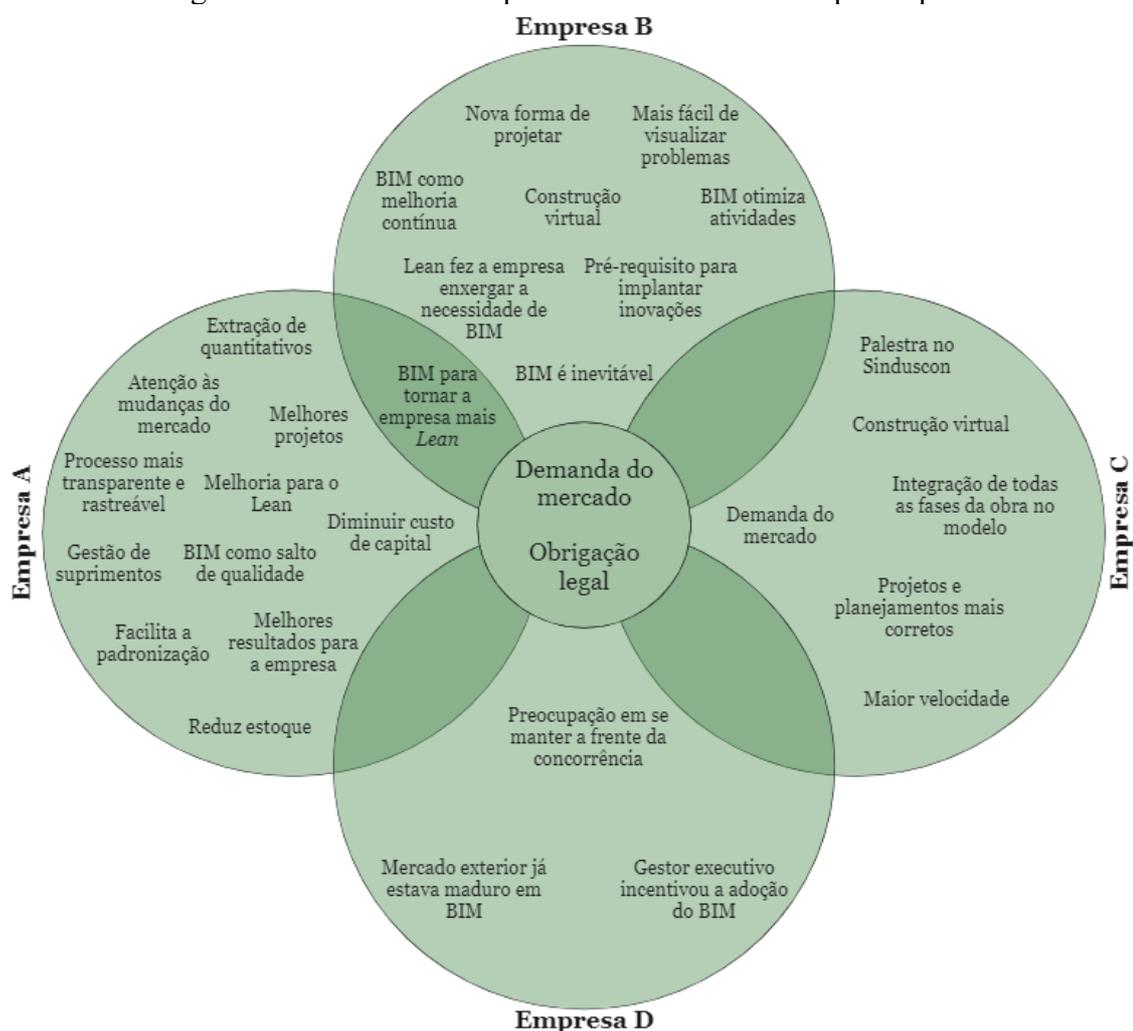
As empresas A e B também mencionaram que o *Lean* fez a empresa enxergar a necessidade do BIM, como um salto de melhoria e para tornar a empresa mais *Lean*, uma vez que o BIM otimiza atividades, torna os processos mais rastreáveis, diminui o custo de capital, reduz estoque e facilita a padronização.

Figura 94 - Motivos de implementar o BIM



Fonte: Elaborado pela autora

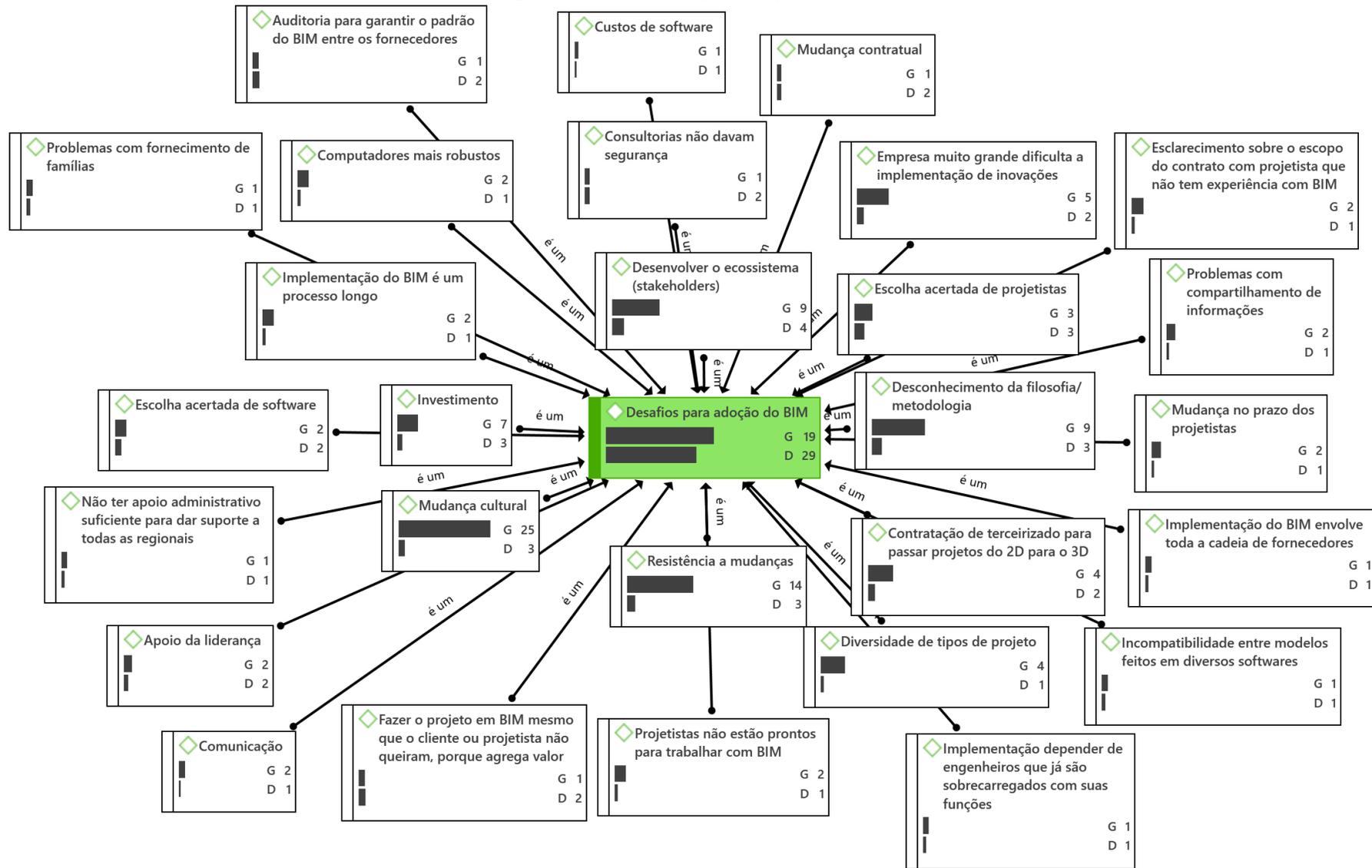
Figura 95 - Motivos de implementar o BIM – Principais tópicos



Fonte: Elaborado pela autora

Os desafios para implementar BIM mais citados foram (Figura 96): a mudança cultural e resistência a mudanças, muitas vezes devido ao desconhecimento em relação ao BIM, necessidade de desenvolver os *stakeholders* e o alto investimento necessário (para treinamento, computadores mais robustos e *softwares* necessários). As dificuldades relacionadas aos *stakeholders* foram diversas, desde a dificuldade em encontrar projetistas capacitados, a resistência no compartilhamento de informações, incompatibilidade entre modelos desenvolvidos nos diferentes *softwares*, a implementação no canteiro depender de engenheiros que já estão sobrecarregados com suas funções, não ter uma quantidade de pessoas suficientes no setor responsável para dar apoio a implementação na empresa, entre outros. Outros desafios foram encontrados apenas em algumas empresas, como o porte da empresa (empresas A e D) e a diversidade de tipos de projetos (empresa A).

Figura 96 - Desafios para implementar o BIM

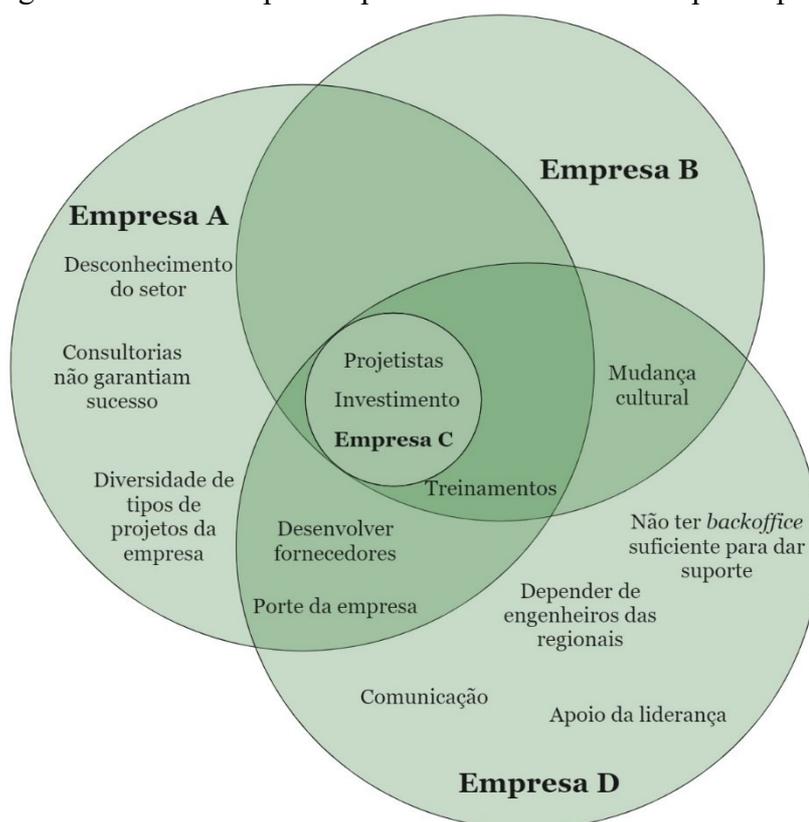


Fonte: Elaborado pela autora

As principais dificuldades para adoção do BIM (Figura 97) foram relacionadas ao mercado não estar pronto para as mudanças trazidas por este processo, em especial a falta de projetistas habilitados a desenvolver projetos em BIM (HAJJ; JAWAD; MONTES, 2021). Isto era compreensível no começo da difusão BIM no Brasil, uma vez que estes profissionais precisaram de tempo para se adaptar, realizar treinamentos e fazer investimentos em computadores e *softwares*. Por causa disso, as empresas A e D chegaram a desenvolver os seus fornecedores para que a implementação BIM conseguisse avançar. A mudança cultural também foi apontada como dificuldade nas empresas B e D.

Na empresa D foi apresentado que muitos problemas relacionados ao BIM podiam ser resolvidos com a utilização de ferramentas *Lean*, principalmente a Sala de guerra (TAURIANEN *et al.*, 2016), e o A3.

Figura 97 - Desafios para implementar o BIM – Principais tópicos



Fonte: Elaborado pela autora

As contribuições apontadas pela utilização de BIM foram diversas, como pode ser conferido no Quadro 12. A maioria dos benefícios do BIM se relacionam com a gestão visual, pois proporciona um melhor fluxo de informações e esclarecimentos mais compreensíveis (FOSSE; SPITLER; ALVES, 2016).

Quadro 12 - Contribuições do BIM

Fontes	Contribuições do BIM	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D
(VON HEYL; DEMIR, 2019)	Projetos melhores	✓	✓	✓	✓
(SINGHAL; AHUJA, 2018)	Melhor compreensão dos projetos	✓	✓	✓	✓
(HEIGERMOSER <i>et al.</i> , 2019)	Antecipar problemas	✓	✓	✓	✓
(MA <i>et al.</i> , 2018)	Maior transparência	✓			
(ARAYICI <i>et al.</i> , 2011)	Melhora margens da empresa	✓			✓
(BAYHAN <i>et al.</i> , 2021)	Reduzir desperdício	✓			✓
(VESTERMO <i>et al.</i> , 2016)	Reduzir estoques	✓			
(GÓMEZ-SÁNCHEZ; PONZ-TIENDA; ROMERO-CORTÉS, 2019)	Melhor gestão de suprimentos	✓			
(SACKS; RADOSAVLJEVIC; BARAK, 2010)	Melhor relacionamento com fornecedores	✓			
(HERRERA <i>et al.</i> , 2021)	Extração de quantitativos	✓	✓	✓	✓
(SCHIMANSKI; PASETTI MONIZZA; <i>et al.</i> , 2020)	Informações mais confiáveis / Melhor gerenciamento de informações	✓		✓	✓
(KHAN; TZORTZOPOULOS, 2014)	Banco de dados único	✓		✓	✓
(SACKS; RADOSAVLJEVIC; BARAK, 2010)	Gestão visual	✓	✓	✓	✓
(ARAYICI <i>et al.</i> , 2011)	Mais eficiência	✓			✓
(MAHALINGAM; YADAV; VARAPRASAD, 2015)	Enxergar restrições	✓	✓		✓
(ARAYICI <i>et al.</i> , 2011)	Enxergar novas soluções	✓	✓	✓	✓
(HERRERA <i>et al.</i> , 2021)	Maior colaboração	✓		✓	✓
(ARAYICI <i>et al.</i> , 2011)	Melhora o posicionamento da empresa no mercado	✓			✓

Continua

Continuação Quadro 12

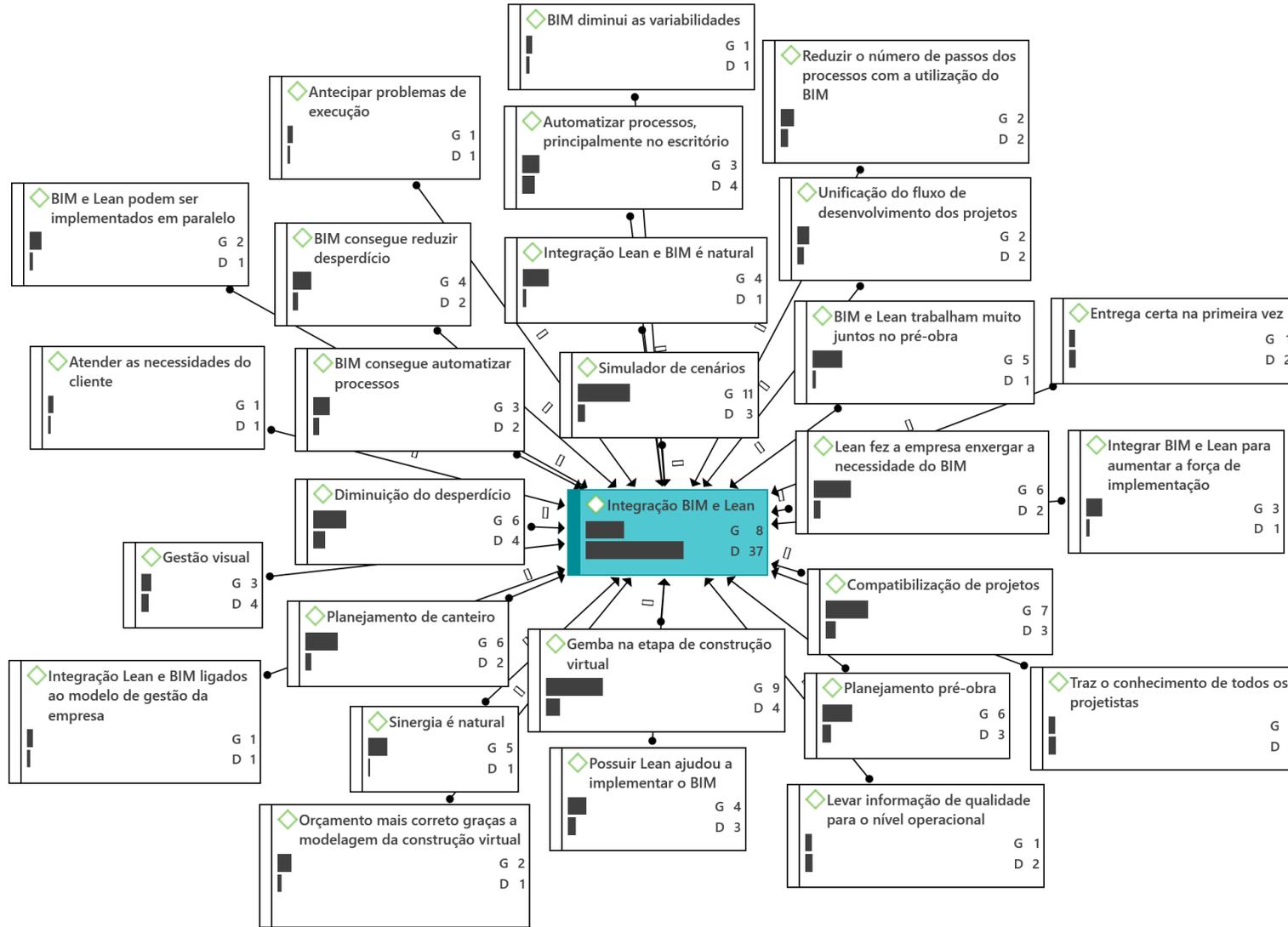
(SACKS; RADOSAVLJEVIC; BARAK, 2010)	Menos erros	✓		✓	
(ELDEEP; FARAG; EL-HAFEZ, 2022)	Agrega valor	✓			
(VON HEYL; DEMIR, 2019)	Otimização das atividades	✓			✓
(HERRERA <i>et al.</i> , 2021)	Obra mais enxuta	✓	✓		
(KHAN; TZORTZOPOULOS, 2014)	Compatibilização dos projetos	✓	✓	✓	✓
(SCHIMANSKI; MARCHER; <i>et al.</i> , 2020)	Maior suporte à obra	✓		✓	✓
(BARKOKEBAS <i>et al.</i> , 2021)	Automatização de processos	✓			✓
(BAYHAN <i>et al.</i> , 2021)	Melhor planejamento de canteiro	✓	✓		✓
(VARGAS; BATAGLIN; FORMOSO, 2018)	Simulador de cenários				✓
(SCHIMANSKI; MARCHER; <i>et al.</i> , 2020)	Começar mais certo	✓	✓	✓	✓
(SINGHAL; AHUJA, 2018)	Admiração dos clientes	✓			

Fonte: Elaborado pela autora

Durante as entrevistas foi percebido o esforço dos setores de BIM das empresas A e D em difundir o conhecimento de BIM para toda a empresa, e isto incluiu o esforço individual (dos diretores e funcionários dos setores) e organizacional (em especial a empresa A, que designou um setor para implementação e difusão de BIM), nas dimensões técnica e social, ou seja, tanto no treinamento de *softwares* e processos BIM, como também na gestão da mudança, gestão de comunicação, incentivo para utilização de BIM, entre outros aspectos. Ao confrontar isto com o que afirmaram Ahuja, Sawhney e Arif (2018) sobre a necessidade do engajamento dos usuários para garantir que as capacidades da organização sejam construídas, é possível perceber que as empresas A e D conseguiram obter mais benefícios com a utilização do BIM do que as demais empresas.

Na integração entre *Lean* e BIM (Figura 98) as evidências indicam que as empresas nas quais já havia sido implementado o *Lean*, este motivou a implementação do BIM e o BIM tornou a empresa mais *Lean*. Desta forma, a integração foi buscada por meio da automatização dos processos, planejamento pré-obra, simulador de cenários, *Gemba* virtual, extração automatizada de quantitativos, entre outros.

Figura 98 - Integração entre *Lean* e BIM



Fonte: Elaborado pela autora

Ainda sobre integração *Lean* e BIM (Figura 99), foi observado que as empresas que já possuíam o *Lean* (empresas A e B) declararam que isso foi uma vantagem, corroborando com Fosse, Ballard e Fischer (2017), uma vez que, primeiramente, o *Lean* fez com que enxergassem o BIM não só como uma melhoria incremental, mas como um salto de melhoria para a empresa e para o *Lean*, ou seja, elas já enxergaram o BIM como uma ferramenta *Lean*. E, posteriormente, os entrevistados esclareceram que já possuir o *Lean* fez com que eles já tivessem desenvolvido diversos processos que otimizavam a produção e gerenciamento de informação na empresa, portanto, quando o BIM foi implementado as informações foram digitalizadas de forma mais enxuta e com uma mentalidade mais *Lean*, pois, como disse um dos entrevistados, “digitalizar um processo que não é *Lean*, é digitalizar desperdício”.

Porém, a empresa C implementou BIM e *Lean* na mesma época e a empresa D implementou primeiro o BIM e apenas posteriormente implementou o *Lean*. Ambas as empresas declararam não haver dificuldade em implementar primeiro o BIM ou implementá-los em paralelo. Um entrevistado da empresa D inclusive afirmou que talvez tivesse sido uma boa experiência a implementação em paralelo, para unir esforços de implementação, contudo, este entrevistado também afirmou que o momento das implementações depende da abertura que a empresa tem para passar por tal processo.

Foi percebido pela pesquisadora que a empresa C pareceu concentrar seus esforços na implementação de ferramentas, tanto do BIM como do *Lean*, devido às respostas dos entrevistados se resumirem a utilização de ferramentas e não a mudanças organizacionais necessárias à implementação e integração de BIM e *Lean*. Possivelmente por isso que, apesar de utilizar o BIM e o *Lean* há mais tempo que algumas das outras empresas, a empresa B foi a que apresentou menos dificuldades nas implementações (Figura 101), mas também apresentou menos benefícios (Quadro 13). Isto ratifica o que Von Heyl e Demir (2019) e Mandujano *et al.*, (2016) afirmaram sobre o método de implementação ser mais importante do que a utilização de tecnologias específicas.

O modo de implementação de *Lean* e BIM da empresa A foi semelhante ao modelo da matriz de capacidade organizacional apresentada por Ahuja, Sawhney e Arif (2018) (Figura 20), na qual é mostrado que os indivíduos são treinados para terem competência funcional e a utilizarem as suas experiências individuais para desenvolver a tecnologia a ser implementada, e, com uma liderança forte, o indivíduo é motivado a utilizar a tecnologia em equipe. A organização utiliza o seu conhecimento e *know-how* para absorver o conhecimento técnico dos indivíduos e gerenciar a tecnologia, para posteriormente desenvolver uma cultura

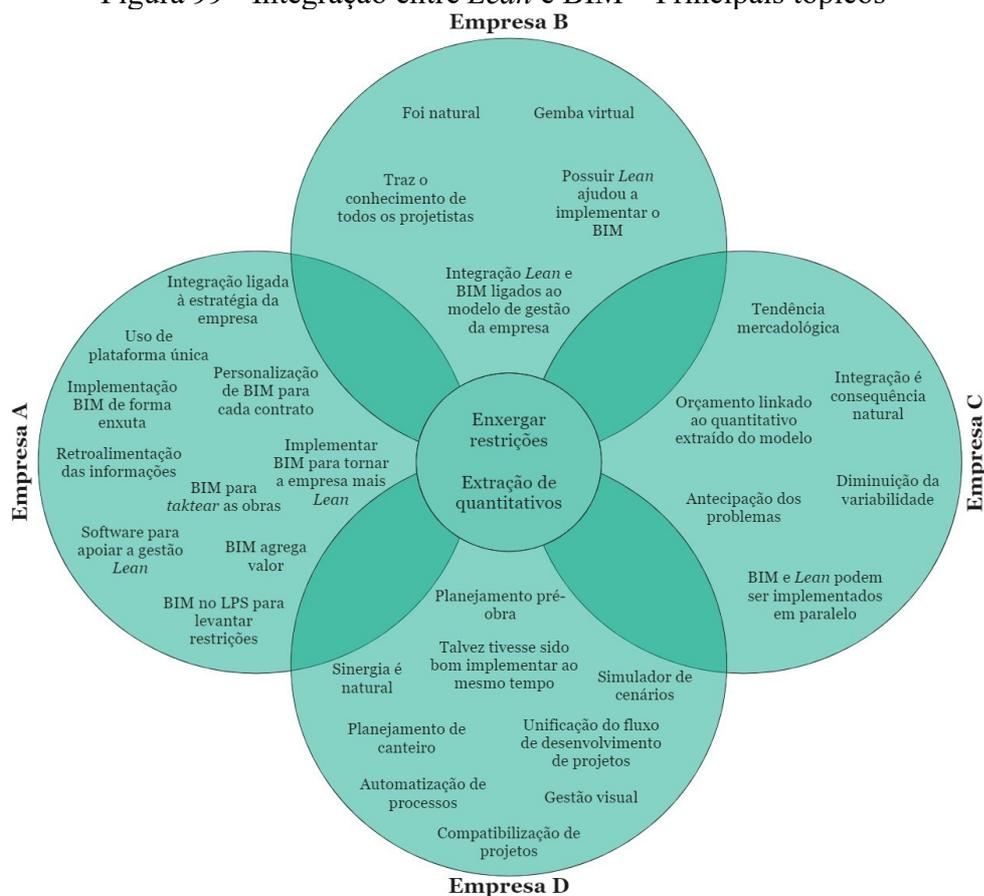
organizacional que permite transformar as capacidades em resultados. Estes resultados se transformam em redução de retrabalho, agregação de valor, aumento da confiança, economia, otimização de recursos, redução de desperdício e *lead time*, e a criação de um ambiente de trabalho mais seguro (AHUJA; SAWHNEY; ARIF, 2018).

Os pontos em comum para todas as empresas sobre integração *Lean* e BIM foram (Figura 99): o BIM ajuda a enxergar restrições e, portanto, eliminar os problemas mais cedo, e o BIM facilita a extração de quantitativos de forma mais rápida, mais confiável e de variados formas, se adaptando ao modo que se deseja (por bloco, por pavimento, por etapa de obra, etc.).

Na empresa A, a extração de quantitativos foi um dos pontos mais comentados nas entrevistas, pois a partir desta extração foi possível se fazer uma gestão de suprimentos, na qual os materiais possuem informações corretas, conforme as especificações dos fornecedores. Desta forma, os quantitativos já podem ser extraídos do modelo prontos para o setor de compras fazer os pedidos, de acordo com o que for liberado pelo cronograma. Assim, a extração de quantitativos passou a ser mais confiável, possuir informações mais corretas, as compras passaram a ser mais simples, feitas no momento certo, e, por consequência, melhorou o relacionamento com os fornecedores.

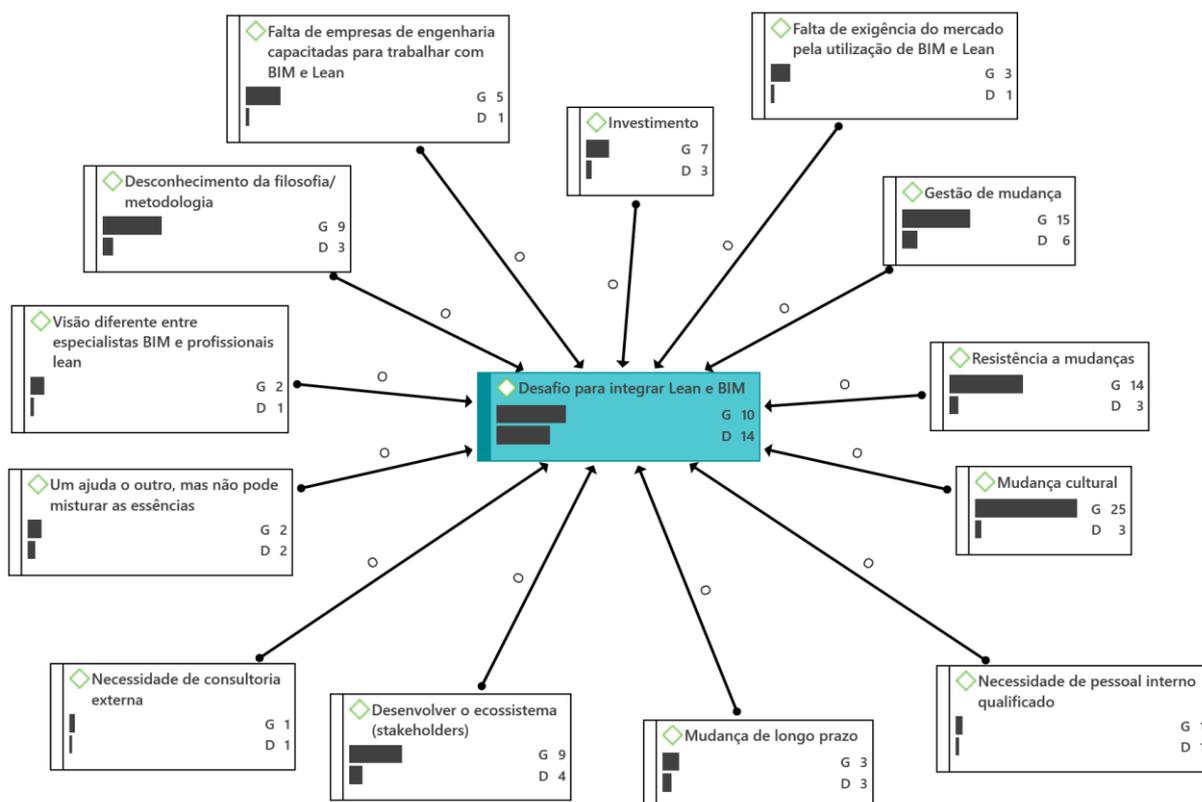
Além disso, outro ponto importante da integração na empresa A foi o fato desta empresa executar obras muito diversas umas das outras, abrangendo desde complexos hospitalares a usinas de geração de energia eólica, ou, hidrelétrica, obras de infraestrutura, entre outros. Por este motivo, apesar da empresa possuir um plano de implementação estruturado de BIM com padronizações para cada uso, em cada contrato é avaliado qual o uso do BIM será utilizado naquele projeto, para que o trabalho seja otimizado. Por exemplo, quando uma obra é não repetitiva, o BIM é utilizado para dividir o projeto em lotes que são utilizados para lotear a obra, a fim de que se alcance um ritmo padronizado de produção.

Na empresa B, a integração é aproveitada principalmente ao se realizar um passeio virtual no modelo com todas as disciplinas compatibilizadas e na presença de todos os projetistas. Desta forma, se realiza um *gamba* antes da obra começar, para avaliar todos os projetos, não apenas na questão de compatibilizações, mas também de métodos construtivos ou melhorias possíveis para facilitar alguma etapa da execução. Na empresa C, a principal integração foi a extração de quantitativos para compor o orçamento de maneira mais correta, fácil e rápida. Na empresa D, a integração está sendo buscada principalmente no planejamento pré-obra e planejamento de canteiro, através da simulação de cenários.

Figura 99 - Integração entre *Lean* e BIM – Principais tópicos

Fonte: Elaborado pela autora

Os desafios apresentados pelas empresas para integração entre *Lean* e BIM (Figura 100) foram principalmente relacionados a resistência inicial devido a mudança cultural trazida pelo modo diferente de pensar trazido pelo *Lean* que é diferente do que comumente se ensina nos cursos de graduação e do que se encontra nos ambientes de trabalho, e o modo diferente de se projetar em BIM, que além de se preocupar com as informações técnicas corretas, é preciso se preocupar por exemplo, com o compartilhamento de dados e inserção correta de informações no modelo.

Figura 100 - Desafios para integração *Lean* e BIM

Fonte: Elaborado pela autora

Na empresa A, as dificuldades (Figura 101) também circundaram ao redor da falta de colaboradores e empresas que trabalhem com BIM e *Lean*, corroborando com Hajj, Jawad e Montes (2021), que afirmam que uma das maiores dificuldades é a falta de pessoal qualificado. Em uma das entrevistas foi citado um exemplo de uma obra na qual a empresa solicitou que um certo fornecedor fabricasse seus produtos por torre (primeiro a torre A, depois a torre B, e assim sucessivamente), o que reduziria o estoque e facilitaria a gestão da empresa, porém este fornecedor queria fabricar seus insumos por modelo de produto semelhante (primeiro todos os produtos do modelo X, depois todos os produtos do modelo Y, etc.). Isto porque o fornecedor não compreendia os conceitos sobre *Lean Construction*.

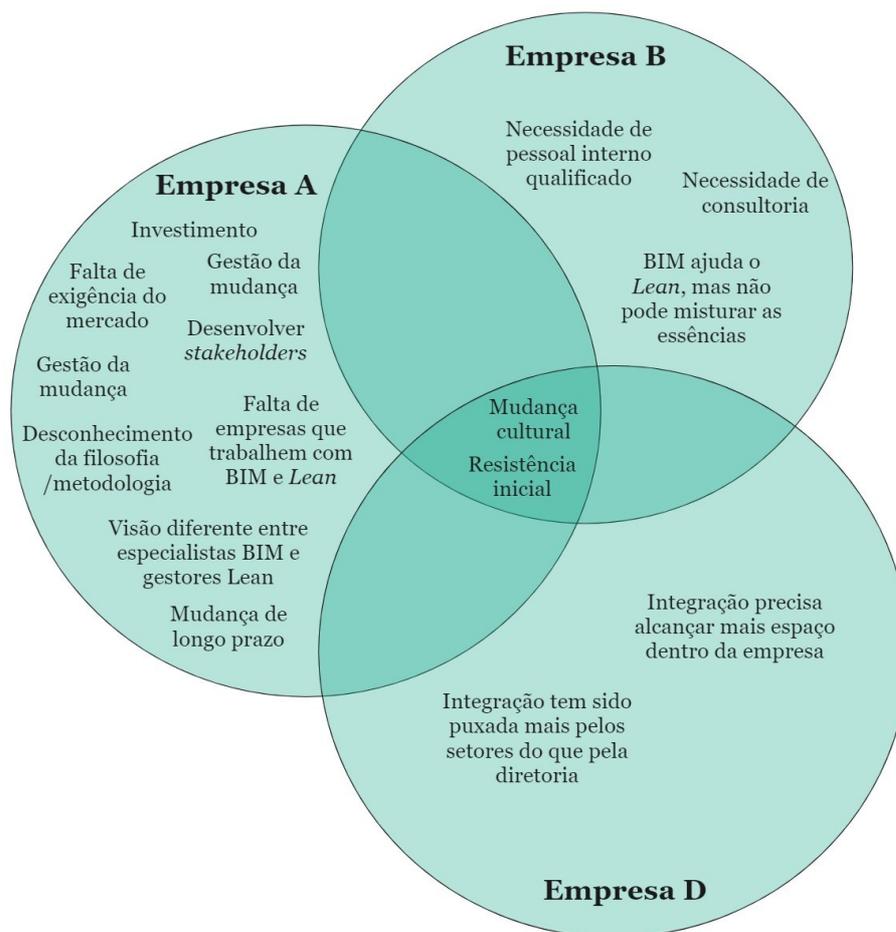
Outro exemplo seria a dificuldade de encontrar projetistas que modelassem em BIM, ainda mais projetos complexos como os da empresa A. Além disso, a falta de exigência pelos projetos modelados em BIM por parte dos clientes fez com que a adoção fosse mais difícil, isto porque, se o cliente não solicita, os projetistas não buscam se aperfeiçoar para melhorar seu trabalho. Isto mostra mais uma vez, a importância da exigência por parte do governo federal da adoção do BIM em obras públicas (HAJJ; JAWAD; MONTES, 2021).

A empresa A ainda apresentou uma dificuldade relacionada a questão do investimento, já que na implementação de BIM e na integração de BIM com *Lean* são necessários investimento com retorno muitas vezes demorado (HAJJ; JAWAD; MONTES, 2021). Por isso foi importante a diretoria da empresa apoiar a implementação e a integração, com visão de longo prazo, para que os envolvidos tivessem a compreensão de que os ganhos poderiam demorar, mas que com o passar do tempo estas mudanças valeriam a pena.

Outra dificuldade na empresa A foi encontrada no momento em que os setores de BIM e *Lean* foram unificados, porque os funcionários do setor de *Lean* possuem um pensamento mais voltado para gestão, enquanto que os do setor de BIM possuem uma visão mais de especialista no desenvolvimento de projetos. Foi necessário um esforço até que os colaboradores conseguissem trocar suas experiências e compreender a forma de desenvolvimento do trabalho do outro, com o auxílio da gestão da mudança e gestão da comunicação, uma vez que, assim como afirma Bayhan et al. (2021), para o sucesso da integração entre *Lean* e BIM os canais de comunicação devem ser melhorados.

Na empresa B, as dificuldades foram a necessidade de possuir pessoal interno qualificado e a necessidade de consultoria. Além disso, um dos entrevistados afirmou que o BIM ajuda o *Lean*, mas que se deve ter cuidado para não misturar as coisas, porque a filosofia de gestão vem do *Lean* e não do BIM, que o *Lean* é mais importante para se alcançar uma produção contínua, e que o BIM traz vantagem quase que somente na gestão visual, ao ajudar a enxergar problemas que iriam aparecer somente depois. Saieg et al. (2018) afirmam que as ferramentas *Lean* baseadas em BIM demandam, entre outras coisas, de *stakeholders* experientes, treinados e engajados, e compreensão profunda da teoria da produção, ou seja, para a integração acontecer é necessário se compreender bem o *Lean*.

Na empresa D, a integração precisa alcançar mais espaço dentro da empresa e essa integração está sendo muito mais puxada pelos funcionários de *Lean* e BIM do que pela diretoria, e, como mostra Hajj, Jawad e Montes (2021), quando há o apoio e incentivo da alta gerência na implementação de conceitos inovadores, as pessoas se sentem mais confiáveis com as mudanças.

Figura 101 - Desafios para integração *Lean* e BIM – Principais tópicos

Fonte: Elaborado pela autora

As contribuições relativas à integração de *Lean* e BIM (Quadro 13) que foram comuns a todas as empresas foram: BIM faz enxergar as restrições mais cedo, BIM facilita a extração de quantitativos, orçamento linkado ao quantitativo extraído do modelo, maior controle de custos e começar a obra mais certo. A empresa que apresentou mais contribuições foi a empresa A, seguida da empresa D. Estas empresas foram a que demonstraram estar mais em busca da integração entre *Lean* e BIM, não somente através das sinergias que são naturais e que acontecem sem uma busca ativa, mas também daquelas que necessitam de esforço para serem alcançadas.

Isto não quer dizer que as empresas B e C não busquem a integração entre *Lean* e BIM, porém, durante as entrevistas, as empresas A e D demonstraram maior interesse e conhecimento na integração entre *Lean* e BIM. Importante notar que na empresa D esta integração está sendo puxada principalmente pelos funcionários dos setores de *Lean* e BIM, e a integração dos setores já mostrou muitas vantagens. Entretanto, é possível perceber que

quando a liderança da empresa apoia e incentiva a integração, maiores benefícios podem ser alcançados, como é o caso da empresa A e como afirmam Osorio-Gomez et al. (2020) e Bolpagni, Burdi e Ciribini (2017).

A gestão de suprimentos e a redução de estoque foram benefícios bastante enfatizados pelos entrevistados, já que é possível, com o BIM, se obter quantitativos de lotes específicos da obra de maneira mais ágil e mais confiável. A utilização do BIM para lotear a obra, alcançar ritmo de produção e diminuir a sua variabilidade foi um grande benefício enxergado pela empresa A. Além disso, a integração entre *Lean* e BIM trouxe como benefícios prazo e custos mais exatos, melhor previsibilidade, menos desperdício e por consequência melhores resultados para a empresa em relação a entregar certo na primeira vez, e, portanto, melhorar margens de lucro.

Quadro 13 - Contribuições da integração *Lean* e BIM

Fontes	Contribuições da Integração <i>Lean</i> e BIM	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D
(ELDEEP; FARAG; EL-HAFEZ, 2022)	Modelagem enxuta	✓	✓		
(KHAN; TZORTZOPOULOS, 2014)	Melhora fluxo de projetos	✓			✓
(ARAYICI <i>et al.</i> , 2011)	BIM faz enxergar restrições mais cedo	✓	✓	✓	✓
(HERRERA <i>et al.</i> , 2021)	Orçamento linkado ao quantitativo extraído do modelo	✓	✓	✓	✓
(GÓMEZ-SÁNCHEZ; PONZ-TIENDA; ROMERO-CORTÉS, 2019)	Gestão de suprimentos	✓			
(SACKS; RADOSAVLJEVIC; BARAK, 2010)	Redução de estoques	✓			
(SCHIMANSKI <i>et al.</i> , 2019)	Utilização de BIM na gestão da obra	✓	✓		✓
(KHAN; TZORTZOPOULOS, 2014)	BIM é um banco de dados	✓		✓	✓
(SCHIMANSKI; PASETTI MONIZZA; <i>et al.</i> , 2020)	Informações confiáveis	✓	✓		✓
(SACKS; RADOSAVLJEVIC; BARAK, 2010)	Facilita a comunicação	✓			✓

Continua

Continuação Quadro 13

(VON HEYL; DEMIR, 2019)	BIM facilita a divisão em lotes de obras não repetitivas	✓			
(VARGAS; BATAGLIN; FORMOSO, 2018)	Prazo mais exato	✓			✓
(HERRERA <i>et al.</i> , 2021)	Melhor previsibilidade	✓			✓
(KHAN; TZORTZOPOULOS, 2014)	Diminuição da variabilidade	✓		✓	
(SACKS; RADOSAVLJEVIC; BARAK, 2010)	Menos erros	✓	✓		✓
(ASLAM; GAO; SMITH, 2021)	Redução de incertezas	✓	✓		✓
(SACKS; RADOSAVLJEVIC; BARAK, 2010)	Menos desperdício	✓	✓		✓
(ARAYICI <i>et al.</i> , 2011)	Melhores resultados para a empresa	✓			✓
(DAVE <i>et al.</i> , 2015)	Maior controle de custos	✓	✓	✓	✓
(DAVE <i>et al.</i> , 2015)	Produção puxada	✓			✓
(SACKS; RADOSAVLJEVIC; BARAK, 2010)	Melhoria contínua	✓	✓		✓
(SCHIMANSKI; MARCHER; <i>et al.</i> , 2020)	Começar a obra mais certo	✓	✓	✓	✓
(SARHAN <i>et al.</i> , 2020)	Entrega certa na primeira vez		✓		✓

Fonte: Elaborado pela autora

Por fim, quanto às implementações estarem associadas à estratégia das empresas, as respostas dos entrevistados apontam que apenas a empresa A estabeleceu como objetivo de longo prazo a integração entre *Lean* e BIM, uma vez que houve uma reestruturação da empresa com o propósito de cumprir este objetivo.

Apesar da empresa B ter adotado um modelo de gestão voltado para o BIM, *Green* e *Life*, com o *Lean* como aspecto central, foi verificado nas entrevistas que a integração não parece ser incentivada e que BIM e *Lean* parecem ser vistos como esferas independentes, mesmo que possam se ajudar mutuamente.

Na empresa C, há um esforço pelo desenvolvimento do BIM, com definições importantes, como a escolha do software que será utilizado em seus projetos, e o objetivo de futuramente se trabalhar numa plataforma única, decisões estas que podem ser consideradas como estratégicas. Porém, a utilização de *Lean* parece ainda se resumir a utilização de ferramentas de controle de produção enxutas.

A empresa D parece se esforçar pela implementação de BIM e *Lean*, porém, um dos entrevistados afirmou que acredita que a integração não é objetivo estratégico da empresa, uma vez que ele acredita que não há incentivo da liderança para tal integração.

Em síntese, as empresas estão em fases diferentes de implementação e integração, e algumas delas têm como objetivo aumentar a integração. Porém todas ainda enfrentam dificuldades muito ligadas ao nível operacional, como por exemplo, projetistas que trabalham com tipos de software distintos. Esta dificuldade poderia ser solucionada com a escolha do software que a empresa trabalha, ou a adoção do OpenBIM, ou a contratação de terceirizado para fazer os modelos dos projetos em um único software.

O exemplo mostrado acima impacta toda a empresa, e, portanto, pode ser considerada como estratégica. Assim, quanto mais estratégicas forem as decisões tomadas, mais bem direcionada tende a se tornar a implementação. Entretanto, é importante ressaltar que toda decisão estratégica está aliada a ganhos e perdas, tal como a utilização do OpenBIM, que requer um nível de colaboração maior, além de equipamentos mais robustos e treinamentos.

Desta forma, algumas diretrizes podem ser propostas para auxiliar as empresas que desejam implementar e integrar *Lean* e BIM. Para implementação *Lean* é importante: escolher ferramentas *Lean* que mais se adequem à empresa, associadas ao treinamento para a utilização destas. Porém, para uma implementação mais eficaz, é aconselhável não se limitar a isto, mas também: a adoção de indicadores que tragam transparência para a gestão da produção; e na busca da mudança de mentalidade para agregação de valor e eliminação de desperdícios. Para reduzir as dificuldades associadas à implementação é conveniente possuir uma liderança que apoie a implementação, para reduzir resistências a mudanças; investir em treinamentos, para aumentar a compreensão da filosofia e melhorar a padronização da empresa; e incorporar a filosofia *Lean* na visão estratégica da empresa, para esclarecer as expectativas quanto aos ganhos, desafios e metas na implementação.

Para o BIM, a implementação pode se iniciar com a transformação de projetos 2D para modelos 3D por meio de projetos piloto. Porém, para maiores ganhos é necessário haver uma gestão de mudança na empresa para uma implementação estruturada, na qual se deve buscar a padronização de modelagem, detalhamentos, extração e compartilhamento de informações, além da definição do modo de trabalhar com o BIM, se será sempre com a transformação de desenhos 2D para modelos 3D, ou se será feita a compatibilização de projetos de disciplinas modelados separadamente, ou se os projetos serão modelados de forma colaborativa em um arquivo central com compatibilização de disciplinas feita continuamente,

por exemplo. Ou ainda, se a empresa irá definir um *software* de trabalho ou se irá trabalhar com formato de arquivo neutro (padrão IFC).

Os diversos usos do BIM podem ser empregados de acordo com a necessidade da empresa. Para isto, é necessário haver treinamento e investimento em máquinas e *softwares*. Para reduzir as dificuldades inerentes a implementação é recomendável possuir visão de longo prazo, para justificar os investimentos realizados; e treinamentos para diminuir resistências, aumentar a confiança e solucionar a falta de mão de obra capacitada. Além disso, a gestão de comunicação pode auxiliar na divulgação correta das informações e na diminuição dos ruídos de comunicação.

Para integração *Lean* e BIM, baseado principalmente nas experiências das empresas A e B e na literatura, possuir *Lean* implementado anteriormente garantiu uma implementação de BIM mais bem direcionada, com menos desperdício e com um maior nível de padronização, pois as práticas enxutas reduzem problemas de coordenação (MAHALINGAM; YADAV; VARAPRASAD, 2015). Para um maior nível de integração aconselha-se buscar mudanças organizacionais e não apenas a utilização de ferramentas, como por exemplo, unificar os setores de *Lean* e BIM. A integração pode ser buscada de várias formas, a depender das necessidades da empresa, porém, a extração automática e mais confiável de quantitativos trouxe muitos ganhos para todas as empresas, pois diminuiu desperdício de tempo, permitiu uma gestão de suprimentos mais eficiente e uma proximidade dos fornecedores, e também diminuiu os estoques nas obras.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As evidências apontam que a sinergia entre BIM e *Lean* é natural e existem benefícios que podem ser alcançados sem que se faça muito esforço, principalmente as integrações relacionadas à gestão visual como enxergar restrições mais cedo, garantir a compreensão dos requisitos, verificar e validar e o *gemba* (SACKS *et al.*, 2010). Porém, se os envolvidos na integração entre *Lean* e BIM imprimirem mais esforço neste processo, maiores benefícios poderão ser alcançados, como por exemplo, por meio da geração automatizada de desenhos e documentos (como quantitativo por etapa de obra, como na empresa A) é possível reduzir estoques, reduzir variabilidade, reduzir tempo de ciclo, e até mesmo cultivar uma rede de parceiros. Ou ainda, a rápida geração de alternativas de construção, como o simulador de cenários da empresa D, pôde-se reduzir tempo de ciclo, selecionar uma abordagem de controle de produção adequada, garantir que os requisitos sejam compreendidos por todos e decidir por consenso, considerando todas as opções (SACKS *et al.*, 2010).

Na empresa A houve um maior incentivo da liderança para integração de *Lean* e BIM, ao se estabelecer a integração como um objetivo estratégico da empresa e ao se unir os setores de BIM e *Lean* em uma mesma diretoria. Já na empresa B, houve muito incentivo da diretoria na implementação de *Lean*, e por isso, esta empresa se destaca em sua região quanto a utilização da filosofia. Assim, há indicativos de que quanto maior o incentivo da liderança, mais avançada será a implementação e mais benefícios ela trará, podendo ser implementação de *Lean*, de BIM ou a integração entre *Lean* e BIM.

Existem indicativos que mostram também que empresas de maior porte (como as empresas A e D) possuem mais obstáculos para difundir uma implementação de inovação em toda a empresa, pela maior quantidade de funcionários e porque estas empresas estão espalhadas em um território maior, o que torna mais difícil a difusão da filosofia e o comprometimento dos envolvidos.

No caso da empresa A, além de ser uma empresa de grande porte, suas obras são muito diversificadas e muitas delas não têm a característica de serem repetitivas. Obras repetitivas são mais fáceis de se estabelecer um lote de trabalho e um ritmo de produção. Desta forma, a empresa A utilizou o BIM para conseguir lotear obras complexas e alcançar um ritmo de produção de forma a reduzir a variabilidade. Portanto, empresas com obras mais complexas podem utilizar o BIM como uma ferramenta para torna a empresa mais *Lean*. Em resumo, foi

identificado que empresas maiores e com obras não repetitivas precisam de um esforço maior para integrar *Lean* e BIM, porém, podem alcançar benefícios muito maiores.

Outro benefício singular da empresa A, também relacionado a esta variedade de tipos de obras da empresa, é a escolha personalizada dos usos do BIM para cada contrato. A empresa possui uma padronização nos usos do BIM, porém cada uso é escolhido de acordo com o benefício que ele trará para o contrato e para a empresa. Por exemplo, se em uma obra não for necessário separar os serviços em lotes com o auxílio de BIM, isto não será feito. Esta análise é feita pelo Gerente de Sistemas de Engenharia, Construção e BIM que escolhe quais usos serão utilizados para que o BIM não seja também uma forma de desperdício, ao utilizá-lo de uma forma que não agregue valor.

Como visto através das experiências destas quatro empresas, a utilização separada de *Lean* e BIM traz diversos benefícios para a gestão da produção das empresas, porém, quanto maior a integração, maiores benefícios podem ser alcançados. Desta forma, as empresas necessitam preparar planos de implementação com visão estratégica, envolvendo mudança organizacional, para que consigam alcançar um estágio avançado de implementação. De outro modo, corre-se o risco de as implementações não aproveitarem a sinergia existente em todo o seu potencial.

Para trabalhos futuros sugere-se que se faça um estudo de caso contemplando mais empresas, com diferentes arranjos e diferentes experiências de implementação e integração *Lean* e BIM, aliado a uma análise da maturidade de implementação para avaliar os ganhos trazidos com empresas mais avançadas no processo de implementação *Lean*-BIM. Ainda pode-se desenvolver indicadores que avaliem o grau de integração *Lean* e BIM e que ajudem a aprofundar possíveis soluções para se alcançar a integração *Lean* e BIM em nível estratégico.

REFERÊNCIAS

- AHUJA, Ritu; SAWHNEY, Anil; ARIF, Mohammed. Developing organizational capabilities to deliver lean and green project outcomes using BIM. **Engineering, Construction and Architectural Management**, vol. 25, n° 10, p. 1255–1276, 2018. <https://doi.org/10.1108/ECAM-08-2017-0175>.
- AL HATTAB, Malak; HAMZEH, Farook. Using social network theory and simulation to compare traditional versus BIM-lean practice for design error management. **Automation in Construction**, vol. 52, n° July, p. 59–69, abr. 2015. DOI 10.1016/j.autcon.2015.02.014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2015.02.014>.
- AMANY, Adib. Investigating conflicts of expert contractors using the last planner system in building information modeling process. vol. 18, n° 6, p. 1381–1402, 2020. <https://doi.org/10.1108/JEDT-09-2019-0223>.
- ARAYICI, Y.; COATES, P.; KOSKELA, L.; KAGIOGLOU, M.; USHER, C.; O'REILLY, K. Technology adoption in the BIM implementation for lean architectural practice. **Automation in Construction**, vol. 20, n° 2, p. 189–195, 2011. DOI 10.1016/j.autcon.2010.09.016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2010.09.016>.
- ASLAM, Mughees; GAO, Zhili; SMITH, Gary. Integrated implementation of Virtual Design and Construction (VDC) and lean project delivery system (LPDS). **Journal of Building Engineering**, vol. 39, n° February, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.102252>.
- BALLARD, G.; HOWELL, G. Shielding Production: Essential Step in Production Control. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 124, n° 1, p. 11–17, jan. 1998. DOI 10.1061/(ASCE)0733-9364(1998)124:1(11). Disponível em: <http://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%290733-9364%281998%29124%3A1%2811%29>.
- BALLARD, Glenn; HOWELL, Greg. Implementing lean construction: stabilizing work flow. **Lean construction**, n° September 1994, p. 101–110, 1994. .
- BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.
- BARKOKEBAS, Beda; KHALIFE, Salam; AL-HUSSEIN, Mohamed; HAMZEH, Farook. A BIM-lean framework for digitalisation of premanufacturing phases in offsite construction. **Engineering, Construction and Architectural Management**, vol. 28, n° 8, p. 2155–2175, 2021. <https://doi.org/10.1108/ECAM-11-2020-0986>.
- BARROS NETO, José de Paula. Approach for BIM implementation: a vision for the building industry. 2016. **IGLC 2016 - 24th Conference of the International Group for Lean Construction** [...]. Boston, MA, USA: [s. n.], 2016. p. 143–152. Disponível em: <https://iglc.net/Papers/Details/1258>.
- BARROS NETO, José de Paula. The Relationship Between Strategy and Lean Construction. 2002. **IGLC 2002 - 10th Annual Conference of the International Group for Lean Construction** [...]. Gramado: [s. n.], 2002. Disponível em: <https://iglc.net/Papers/Details/199>.

BATAGLIN, Fernanda S.; VIANA, Daniela D.; FORMOSO, Carlos T.; BULHÕES, Iamara R. Model for planning and controlling the delivery and assembly of engineer-to-order prefabricated building systems: Exploring synergies between lean and BIM. **Canadian Journal of Civil Engineering**, vol. 47, n° 2, p. 165–177, 2020. <https://doi.org/10.1139/cjce-2018-0462>.

BAYHAN, Hasan Gokberk; DEMIRKESEN, Sevilay; ZHANG, Chengyi; TEZEL, Algan. A lean construction and BIM interaction model for the construction industry. **Production Planning and Control**, vol. 0, n° 0, p. 1–28, 2021. DOI 10.1080/09537287.2021.2019342. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09537287.2021.2019342>.

BHASIN, Sanjay; BURCHER, Peter. Lean viewed as a philosophy. **Journal of Manufacturing Technology Management**, vol. 17, p. 56–72, 2006. <https://doi.org/10.1108/17410380610639506>.

BOES, Jeferson Spiering. **PROPOSTA DE PLANO DE IMPLANTAÇÃO DO BIM NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL**. 2019. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, 2019.

BOLPAGNI, Marzia; BURDI, Luciana; CIRIBINI, Angelo Luigi Camillo. Integration of lean construction and building information modeling in a large client organization in Massachusetts. II., 2017. **IGLC 2017 - 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction [...]**. Heraklion, Greece: [s. n.], 2017. vol. II, p. 79–86. DOI 10.24928/2017/0311. Disponível em: <https://iglc.net/Papers/Details/1382>.

BONI, Valdete; QUARESMA, Sílvia Jurema. Aprendendo a entrevistar : como fazer entrevistas em Ciências Sociais. **Revista Eletrônica dos Pós-Graduandos em Sociologia Política da UFSC**, vol. 2, n° 1, p. 68–80, 2005. .

BRITO, Douglas Malheiro de; FERREIRA, Emerson de Andrade Marques; COSTA, Dayana Bastos. Framework for Building Information Modeling Adoption Based on Critical Success Factors from Brazilian Public Organizations. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 147, n° 7, 2021. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0002086](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0002086).

CÂNDIDO, Luis Felipe. **Análise de sistemas de medição de desempenho na construção civil: Oportunidades de melhoria a partir da literatura e da experiência da construtoras cearenses**. 2015. 2015.

CBIC. **Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras**. Brasília: [s. n.], 2016. vol. Volume 1:, .

CIANO, M. P.; STROZZI, F.; MINELLI, E.; POZZI, R.; ROSSI, T. The link between lean and human resource management or organizational behaviour: A bibliometric review. 2019. **Proceedings of the Summer School Francesco Turco [...]**. [S. l.: s. n.], 2019. p. 321–328.

COMELLI, Mariana Lira. **Proposta de um Modelo de Protocolo de Auditoria do Nível de Implantação da Construção Enxuta para a Indústria da Construção Civil**. Fortaleza: [s. n.], 2017.

CRESWELL, John W.; CRESWELL, J. David. **Research Design: Qualitative, Quantitative and Mixed Methods Approaches**. 5th ed. Los Angeles: SAGE, 2014.

DALLASEGA, Patrick; REVOLTI, Andrea; SAUER, Philipp Christopher; SCHULZE, Felix; RAUCH, Erwin. BIM, Augmented and Virtual Reality empowering Lean Construction Management: a project simulation game. 45., 2020. **10th Conference on Learning Factories, CLF2020** [...]. [S. l.]: Elsevier B.V., 2020. vol. 45, p. 49–54. DOI 10.1016/j.promfg.2020.04.059. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.04.059>.

DAVE, Bhargav; BODDY, Stefan; KOSKELA, Lauri. Challenges and opportunities in implementing lean and BIM on an infrastructure project. 2013. **IGLC 2013 - 21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction** [...]. Fortaleza: [s. n.], 2013. p. 741–750. Disponível em: <https://iglc.net/Papers/Details/888>.

DAVE, Bhargav; BODDY, Stefan; KOSKELA, Lauri J. Visilean: Designing a production management system with Lean and BIM. 2011. **IGLC 2011 - 19th Annual Conference of the International Group for Lean Construction** [...]. Lima: [s. n.], 2011. p. 477–487. Disponível em: <https://iglc.net/Papers/Details/1097>.

DAVE, Bhargav; KUBLER, Sylvain; PIKAS, Ergo; HOLMSTRÖM, Jan; SINGH, Vishal; FRÄMLING, Kary; KOSKELA, Lauri; PELTOKORPI, Antti. Intelligent products: Shifting the production control logic in construction (with Lean and BIM). 2015. **IGLC 2015 - 23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction** [...]. Perth: [s. n.], 2015. p. 341–350. Disponível em: <https://iglc.net/Papers/Details/1202>.

DE MIRANDA FILHO, Antonio N.; HEINECK, Luiz F.M.; DA COSTA, Jorge Moreira. A project-based view of the link between strategy, structure and lean construction. **IGLC 2011 - 19th Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, , p. 65–75, 2011. Disponível em: <https://iglc.net/Papers/Details/1150>.

DONATO, Helena; DONATO, Mariana. Etapas na Condução de uma Revisão Sistemática. **Revista Científica da Ordem dos Médicos**, vol. 32, n° 3, p. 227–235, 2019. <https://doi.org/10.20344/amp.11923>.

DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel Pacheco; ANTUNES JR., José Antônio Valle. **Design Science Research: A Method for Science and Technology Advancement**. [S. l.]: Springer, 2015.

ELDEEP, Ahmed M.; FARAG, Moataz A. M.; EL-HAFEZ, L. M. Adb. Using BIM as a lean management tool in construction processes - A case study. **Ain Shams Engineering Journal**, vol. 13, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.07.009>.

ERAZO, Andrews; GUZMAN, Giankeving; ESPINOZA, Stefany. Applying BIM tools in IPD project in Peru. 2020. **IGLC 2020 - 28th Annual Conference of the International Group for Lean Construction 2020** [...]. Berkeley, California, USA: [s. n.], 2020. p. 973–984. DOI 10.24928/2020/0108. Disponível em: <https://iglc.net/Papers/Details/1824>.

EVANS, Martin; FARRELL, Peter; ELBELTAGI, Emad; DION, Helen. Barriers to integrating lean construction and integrated project delivery (IPD) on construction megaprojects towards the global integrated delivery (GID) in multinational organisations: lean IPD&GID transformative initiatives. **Journal of Engineering, Design and Technology**, 2021. <https://doi.org/10.1108/JEDT-02-2021-0070>.

EVANS, Martin; FARRELL, Peter; MASHALI, Ayman; ZEWEIN, Wael. Critical success factors for adopting Building Information Modelling (BIM) and Lean Construction practices

on construction mega-projects: a Delphi survey. **Journal of Engineering, Design and Technology**, vol. 19, n° 2, p. 537–556, 2021. <https://doi.org/10.1108/JEDT-04-2020-0146>.

EVANS, Martin; FARRELL, Peter; ZEWEIN, Wael; MASHALI, Ayman. Analysis framework for the interactions between building information modelling (BIM) and lean construction on construction mega-projects. **Journal of Engineering, Design and Technology**, vol. 19, n° 6, p. 1451–1471, 2021. <https://doi.org/10.1108/JEDT-08-2020-0328>.

FOSSE, Roar; BALLARD, Glenn; FISCHER, Martin. Virtual design and construction: Aligning BIM and lean in practice. 2017. **IGLC 2017 - 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction** [...]. Heraklion, Greece: [s. n.], 2017. p. 499–506. DOI 10.24928/2017/0159. Disponível em: <https://iglc.net/Papers/Details/1415>.

FOSSE, Roar; SPITLER, Laurie; ALVES, Thais. Deploying BIM in a heavy civil project. 2016. **IGLC 2016 - 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction** [...]. Boston, MA, USA: [s. n.], 2016. p. 43–52. Disponível em: <https://iglc.net/Papers/Details/1277>.

GÓMEZ-SÁNCHEZ, Juan Martín; PONZ-TIENDA, José Luis; ROMERO-CORTÉS, Juan Pablo. Lean and BIM implementation in Colombia: interactions and lessons learned. 2019. **IGLC 2019 - 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction** [...]. Dublin, Ireland: [s. n.], 2019. p. 1117–1128. DOI 10.24928/2019/0150. Disponível em: <https://iglc.net/Papers/Details/1748>.

GOUGH, David; THOMAS, James; OLIVER, Sandy. Clarifying differences between review designs and methods. **Systematic Reviews Journal**, , p. 1–9, 2012. .

GREENWOOD, David J; JIE, Lou Thai; ROGAGE, Kay. An Investigation Into ‘Lean-BIM’ Synergies in the UK Construction Industry’. **International Journal of 3-D Information Modeling**, vol. 6, n° 2, p. 1–13, 2017. <https://doi.org/10.4018/ij3dim.2017040101>.

HAIJ, Claudette El; JAWAD, Dima; MONTES, German Martinez. Analysis of a Construction Innovative Solution from the Perspective of an Information System Theory. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 147, n° 9, 2021. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0002120](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0002120).

HAMDI, Olfa; LEITE, Fernanda. BIM and Lean interactions from the bim capability maturity model perspective: A case study. 2012. **IGLC 2012 - 20th Conference of the International Group for Lean Construction** [...]. [S. l.: s. n.], 2012.

HARRIS, Britani N.; ALVES, Thais Da C.L. Building information modeling: A report from the field. 2016. **IGLC 2016 - 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction** [...]. Boston, MA, USA: [s. n.], 2016. p. 13–22. Disponível em: <https://iglc.net/Papers/Details/1267>.

HEIGERMOSER, Daniel; GARCÍA DE SOTO, Borja; ABBOTT, Ernest Leslie Sidney; CHUA, David Kim Huat. BIM-based Last Planner System tool for improving construction project management. **Automation in Construction**, vol. 104, n° March, p. 246–254, 2019. DOI 10.1016/j.autcon.2019.03.019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.03.019>.

HERRERA, Rodrigo F.; MOURGUES, Claudio; ALARCÓN, Luis F.; PELLICER, Eugenio. Analyzing the Association between Lean Design Management Practices and BIM Uses in the Design of Construction Projects. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 147, n° 4, 2021. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0002014](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0002014).

KHAN, Sheriz; TZORTZOPOULOS, Patricia. Effects of the Interactions Between LPS and BIM on Workflow in Two Building Design Projects. 1., 2014. **IGLC 2014- 22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction [...]**. Oslo: [s. n.], 2014. vol. 1, p. 933–944. Disponível em: <http://www.iglc.net/Papers/Details/1004>.

KHOSROWSHAHI, Farzad; ARAYICI, Yusuf. Roadmap for implementation of BIM in the UK construction industry. **Engineering, Construction and Architectural Management**, vol. 19, n° 6, p. 610–635, 2012. <https://doi.org/10.1108/09699981211277531>.

KOSEOGLU, Ozan; SAKIN, Mehmet; ARAYICI, Yusuf. Exploring the BIM and lean synergies in the Istanbul Grand Airport construction project. **Engineering, Construction and Architectural Management**, vol. 25, n° 10, p. 1339–1354, 2018. <https://doi.org/10.1108/ECAM-08-2017-0186>.

KOSKELA, Lauri. An exploration towards a production theory and its application to construction. **VTT Publications**, n° 408, 2000. .

KOSKELA, Lauri. **Application of the new production philosophy to construction**. [S. l.: s. n.], 1992.

LIKER, Jeffrey K. **O Modelo Toyota : 14 Princípios De Gestão Do Maior Fabricante Do Mundo**. Porto Alegre: BOOKMAN EDITORA LTDA, 2005. vol. 1, .

MA, Xiaozhi; CHAN, Albert P.C.; WU, Hengqin; XIONG, Feng; DONG, Na. Achieving leanness with BIM-based integrated data management in a built environment project. **Construction Innovation**, vol. 18, n° 4, p. 469–487, 2018. <https://doi.org/10.1108/CI-10-2017-0084>.

MAHALINGAM, Ashwin; YADAV, Amit Kumar; VARAPRASAD, Jarjana. Investigating the Role of Lean Practices in Enabling BIM Adoption : Evidence from Two Indian Cases. vol. 3, p. 1–11, 2015. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862).

MANDUJANO, Maria G. **A method to identify Virtual Design and Construction Implementation Strategies from a Lean Construction Perspective**. Santiago de Chile: [s. n.], 2016. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.35761.58722>.

MANDUJANO, María G; ALARCÓN, Luis F; KUNZ, John; MOURGUES, Claudio. Identifying waste in virtual design and construction practice from a Lean Thinking perspective: A meta-analysis of the literature. **Revista de la Construcción**, vol. 15, n° 3, p. 107–118, 2016. Disponível em: <http://revistadelaconstruccion.uc.cl/index.php/rdlc/article/viewFile/698/156>.

MANDUJANO, María G.; MOURGUES, Claudio; ALARCÓN, Luis F.; KUNZ, John. Modeling Virtual Design and Construction Implementation Strategies Considering Lean Management Impacts. **Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering**, vol. 32, n° 11, p. 930–951, 2017. <https://doi.org/10.1111/mice.12253>.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5ª edição. São Paulo: Editora Atlas, 2003.

MCHUGH, Kevin; DAVE, Bhargav; CRAIG, Ray. Integrated Lean and BIM processes for modularised construction – A case study. 2019. **IGLC 2019 - 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction** [...]. Dublin, Ireland: [s. n.], 2019. p. 228–238. DOI 10.24928/2019/0252. Disponível em: <http://iglc.net/Papers/Details/1638>.

MELLADO, Felipe; LOU, Eric C.W. Building information modelling, lean and sustainability: An integration framework to promote performance improvements in the construction industry. **Sustainable Cities and Society**, vol. 61, nº May, p. 102355, 2020. DOI 10.1016/j.scs.2020.102355. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102355>.

MICHALSKI, Adrian; GLODZINSKI, Eryk; BODE, Klaus. Lean construction management techniques and BIM technology - Systematic literature review. 196., 2022. **CENTERIS - International Conference on ENTERprise Information Systems / ProjMAN - International Conference on Project MANagement / HCist - International Conference on Health International Conference on Project MANagement / HCist - International Conference** [...]. [S. l.: s. n.], 2022. vol. 196, p. 1036–1043. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.107>.

MINTZBERG, Henry; LAMPEL, Joseph; QUINN, James Brian; GOSHAL, Sumantra. **The strategy process : concepts, contexts, cases**. 4th ed. [S. l.]: Pearson, 2003.

MOLLASALEHI, Sajedeh; ABOUMOEMEN, Ahmed Adel; RATHNAYAKE, Anushka; FLEMING, Andrew; UNDERWOOD, Jason. Development of an integrated BIM and lean maturity model. 2., 2018. **IGLC 2018 - 26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction** [...]. Chennai, India: [s. n.], 2018. vol. 2, p. 1217–1228. DOI 10.24928/2018/0507. Disponível em: <https://iglc.net/Papers/Details/1516>.

MOLLASALEHI, Sajedeh; RATHNAYAKE, Anushka; ABOUMOEMEN, Ahmed Adel; UNDERWOOD, Jason; HEMING, Andrew; KULATUNGA, Udayangani; COATES, Paul. How BIM-lean integration enhances the information management process in the construction design. 2017. **IGLC 2017 - 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction** [...]. Heraklion, Greece: [s. n.], 2017. p. 531–538. DOI 10.24928/2017/0130. Disponível em: <https://iglc.net/Papers/Details/1393>.

MOURÃO, Carlos Alexandre M. do A.; FILHO, Antonio N. de Miranda; NOGUEIRA, Rebeca Nara; NETO, José de P. Barros; COSTA, Jorge Moreira da. Using Storytelling to Understand a Company's Lean Journey. 2021. **IGLC 2021 - 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)** [...]. [S. l.: s. n.], 2021. p. 423–432. DOI 10.24928/2021/0140. Disponível em: <https://iglc.net/Papers/Details/1860>.

MUNDSTOCK, Patrícia. **Relação entre Planejamento Estratégico e Desempenho Superior**. Porto Alegre: UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.

MURPHY, M. E. Implementing innovation : a stakeholder competency-based approach for BIM. **Construction Innovation**, vol. 14, nº 4, p. 433–452, 2014. <https://doi.org/10.1108/CI-01-2014-0011>.

NASCIMENTO, Daniel; CAIADO, Rodrigo; TORTORELLA, Guilherme; IVSON, Paulo; MEIRIÑO, Marcelo. Digital Obeya Room: exploring the synergies between BIM and lean for

visual construction management. **Innovative Infrastructure Solutions**, vol. 3, n° 19, p. 1–10, 2018. DOI 10.1007/s41062-017-0125-0. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s41062-017-0125-0>.

NASCIMENTO, Daniel Luiz de Mattos; QUELHAS, Osvaldo Luiz Gonçalves; MEIRIÑO, Marcelo Jasmim; CAIADO, Rodrigo Goyannes Gusmão; BARBOSA, Simone D.J.; IVSON, Paulo. Facility management using digital obeya room by integrating BIM-lean approaches – An empirical study. **Journal of Civil Engineering and Management**, vol. 24, n° 8, p. 581–591, 2018. <https://doi.org/10.3846/jcem.2018.5609>.

NEVE, Hasse Højgaard; WANDAHL, Søren; KAESELER, Søren M.; TANDRUP, Andreas. Integrating IPD and exploring potentials. 2017. **Proceeding of the 33rd Annual ARCOM Conference [...]**. Cambridge, UK: Association of Researchers in Construction Management, 2017. p. 154–163.

OSKOUIE, Pedram; GERBER, David J.; ALVES, Thais; BECERIK-GERBER, Burcin. Extending the interaction of building information modeling and lean construction. 1., 2012. **IGLC 2012 - 20th Conference of the International Group for Lean Construction [...]**. San Diego: [s. n.], 2012. vol. 1, . Disponível em: <https://iglc.net/Papers/Details/818>.

OSORIO-GOMEZ, Cristian Camilo; MORENO-FALLA, Maria Jose; OSPINA-ALVARADO, Angelica; PONZ-TIENDA, Jose Luis. Lean Construction and BIM in the Value Chain of a Construction Company: A Case Study. **Construction Research Congress 2020: Project Management and Controls, Materials, and Contracts - Selected Papers from the Construction Research Congress 2020**, n° December, p. 368–378, 2020. <https://doi.org/10.1061/9780784482889.039>.

PEKURI, Aki; HERRALA, Maila; AAPAOJA, Aki; HAAPASALO, Harri. Applying Lean in Construction - Cornerstones for Implementation. **IGLC 2012 - 20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, 2012. Disponível em: <https://iglc.net/Papers/Details/821>.

RICHARDSON, Roberto Jarry. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3° ed. São Paulo: Atlas, 2012.

RISCHMOLLER, Leonardo; REED, Dean; KHANZODE, Atul; FISCHER, Martin. Integration enabled by virtual design & construction as a lean implementation strategy. 1., 2018. **IGLC 2018 - 26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction [...]**. Chennai, India: [s. n.], 2018. vol. 1, p. 240–249. DOI 10.24928/2018/0521. Disponível em: <https://iglc.net/Papers/Details/1547>.

RODRIGUEZ, Maria Guadalupe Mandujano; ALARCON, Luis Fernando; DAVE, Bhargav A.; MOURGUES, Claudio; KOSKELA, Lauri. Understanding the Interaction Between Virtual Design, Construction and Lean Construction. **IGLC 2021 - 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, , p. 107–115, 2021. DOI 10.24928/2021/0124. Disponível em: <https://iglc.net/Papers/Details/1852>.

SACKS, Rafael; EASTMAN, Charles; LEE, Ghang; TEICHOLZ, Paul. **Manual de BIM**. 3ª edição. [S. l.]: BOOKMAN EDITORA LTDA, 2021.

SACKS, Rafael; GUREVICH, Ury; SHRESTHA, Prabhat. A review of Building Information Modeling protocols, guides and standards for Large construction clients. **Journal of**

Information Technology in Construction, vol. 21, n° October, p. 479–503, 2016.
Disponível em: <http://www.itcon.org/2016/29%0ACOPYRIGHT>:

SACKS, Rafael; KOSKELA, Lauri; DAVE, Bhargav A.; OWEN, Robert. Interaction of lean and building information modeling in construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 136, n° 9, p. 968–980, set. 2010. DOI 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000203. Disponível em: <http://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0000203>.

SACKS, Rafael; RADOSAVLJEVIC, Milan; BARAK, Ronen. Requirements for building information modeling based lean production management systems for construction. **Automation in Construction**, vol. 19, n° 5, p. 641–655, 2010. DOI 10.1016/j.autcon.2010.02.010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2010.02.010>.

SACKS, Rafael; SEPPÄNEN, Olli; PRIVEN, Vitaliy; SAVOSNICK, Jonathan. Construction flow index: a metric of production flow quality in construction. **Construction Management and Economics**, vol. 35, n° 1–2, p. 45–63, 6 fev. 2017. DOI 10.1080/01446193.2016.1274417. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/01446193.2016.1274417>.

SAIEG, Pedro; SOTELINO, Elisa Dominguez; NASCIMENTO, Daniel; CAIADO, Rodrigo Goyannes Gusmão. Interactions of Building Information Modeling, Lean and Sustainability on the Architectural, Engineering and Construction industry: A systematic review. **Journal of Cleaner Production**, vol. 174, p. 788–806, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.030>.

SALEM, O.; SOLOMON, J.; GENAIDY, A.; MINKARAH, I. Lean Construction: From Theory to Implementation. **Journal of Management in Engineering**, vol. 22, n° 4, p. 168–175, 2006. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0742-597x\(2006\)22:4\(168\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0742-597x(2006)22:4(168)).

SARHAN, Jamil Ghazi; XIA, Bo; FAWZIA, Sabrina; KARIM, Azharul; OLANIPEKUN, Ayokunle Olubunmi; COFFEY, Vaughan. Framework for the implementation of lean construction strategies using the interpretive structural modelling (ISM) technique: A case of the Saudi construction industry. **Engineering, Construction and Architectural Management**, vol. 27, n° 1, p. 1–23, 2020. <https://doi.org/10.1108/ECAM-03-2018-0136>.

SCHIMANSKI, Christoph Paul; MARCHER, Carmen; MONIZZA, Gabriele Pasetti; MATT, Dominik T. The Last Planner® System and Building Information Modeling in Construction Execution: From an Integrative Review to a Conceptual Model for Integration. **Applied Sciences**, vol. 10, n° 3, p. 821, 23 jan. 2020. DOI 10.3390/app10030821. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/3/821>.

SCHIMANSKI, Christoph Paul; MONIZZA, Gabriele Pasetti; MARCHER, Carmen; MATT, Dominik T. Conceptual Foundations for a New Lean Bim-Based Production System in Construction. 3 jul. 2019. **IGLC 2019 - 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction [...]**. Dublin: [s. n.], 3 jul. 2019. p. 877–888. DOI 10.24928/2019/0106. Disponível em: <http://iglc.net/Papers/Details/1728>.

SCHIMANSKI, Christoph Paul; PASETTI MONIZZA, Gabriele; MARCHER, Carmen; MATT, Dominik T. Development of a BIM-based production planning and control system for

Lean Construction through advancement and integration of existing management techniques. **Frontiers of Engineering Management**, vol. 8, n° 3, p. 429–441, 2020. <https://doi.org/10.1007/s42524-020-0105-5>.

SECCHI, Raffaele; CAMUFFO, Arnaldo. Lean implementation failures : The role of organizational ambidexterity. **International Journal of Production Economics**, vol. 210, n° January, p. 145–154, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.01.007>.

SHINGO, Shigeo. **Non-Stock Production: The Shingo System for Continuous Improvement**. Portland: [s. n.], 1988.

SIDDAWAY, Andy P; WOOD, Alex M; HEDGES, Larry v. How to Do a Systematic Review : A Best Practice Guide for Conducting and Reporting Narrative Reviews , Meta-Analyses, and Meta-Syntheses. **Annual Review of Psychology**, n° July, p. 1–24, 2018. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010418-102803>.

SINGHAL, Nilay; AHUJA, Ritu. Can BIM furnish Lean benefits - An Indian case study. 1., 2018. **IGLC 2018 - 26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction** [...]. Chennai, India: [s. n.], 2018. vol. 1, p. 90–100. DOI 10.24928/2018/0425. Disponível em: <https://iglc.net/Papers/Details/1616>.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; HARLAND, Christine; HARRISON, Alan; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. 1 edição. São Paulo: Atlas, 2006.

SUCCAR, Bilal. Building Information Modelling Framework : A research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, vol. 18, n° 3, p. 357–375, 2009. DOI 10.1016/j.autcon.2008.10.003. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>.

SUCCAR, Bilal; KASSEM, Mohamad. Macro-BIM adoption: Conceptual structures. **Automation in Construction**, vol. 57, p. 64–79, 2015. DOI 10.1016/j.autcon.2015.04.018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2015.04.018>.

TAURIAINEN, Matti; MARTTINEN, Pasi; DAVE, Bhargav; KOSKELA, Lauri. The effects of BIM and Lean Construction on design management practices. 164., 2016. **Creative Construction Conference 2016, CCC 2016** [...]. [S. l.]: The Author(s), 2016. vol. 164, p. 567–574. DOI 10.1016/j.proeng.2016.11.659. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.659>.

TEZEL, Algan; TAGGART, Martin; KOSKELA, Lauri; TZORTZOPOULOS, Patricia; HANAHOE, John; KELLY, Mark. Lean construction and BIM in small and medium-sized enterprises (SMEs) in construction: A systematic literature review. **Canadian Journal of Civil Engineering**, vol. 47, n° 2, p. 186–201, 2020. <https://doi.org/10.1139/cjce-2018-0408>.

TOLEDO, Mauricio; OLIVARES, Katherine; GONZÁLEZ, Vicente. Exploration of a Lean-BIM planning framework: A last planner system and BIM-based case study. 2016. **IGLC 2016 - 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction** [...]. Boston: [s. n.], 2016. p. 3–12. Disponível em: <https://iglc.net/Papers/Details/1291>.

VARGAS, Fabrício Berger de; BATAGLIN, Fernanda Saidelles; FORMOSO, Carlos Torres. Guidelines to Develop a BIM Model Focused on Construction Planning and Control. 2., 18 jul. 2018. **IGLC 2018 - 26th Annual Conference of the International Group for Lean**

Construction [...]. [S. l.: s. n.], 18 jul. 2018. vol. 2, p. 744–753. DOI 10.24928/2018/0450. Disponível em: <http://iglc.net/Papers/Details/1599>.

VESTERMO, Aleksander; MURVOLD, Vegar; SVALESTUEN, Fredrik; LOHNE, Jardar; LÆDRE, Ola. BIM-stations: What it is and how it can be used to implement lean principles. 2016. **IGLC 2016 - 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction** [...]. Boston, MA, USA: [s. n.], 2016. p. 33–42. Disponível em: <https://iglc.net/Papers/Details/1266>.

VIVAN, André Luiz; PALIARI, José Carlos. Theory of production in construction industry. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, vol. 12, p. e021014, 2021. <https://doi.org/10.20396/parc.v12i00.8658332>.

VON HEYL, Jakob; DEMIR, Selim-tugra. Digitizing Lean Construction with Building Information Modeling. 2019. **IGLC 2019 - 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction** [...]. Dublin, Ireland: [s. n.], 2019. p. 843–852. Disponível em: <http://iglc.net/Papers/Details/1725>.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. **Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation**. [S. l.]: Free Press, 2003.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. 5 ed. Porto Alegre: [s. n.], 2015.

APÊNDICE A – ROTEIRO DE ENTREVISTAS SEMIESTRUTURADO

Informações sobre os respondentes (estes dados não serão revelados na pesquisa)

Nome:

Empresa:

Cargo:

Nível Hierárquico () Estratégico () Tático () Operacional () Outro: _____ **Área de atuação** () Arquitetura/Engenharia () Administração () Produção () Outro:

Tempo de atuação no mercado: **Tempo de empresa/instituição:**

Formação/ Titulação Máxima:

Há quanto tempo a empresa atua? Conte um pouco sobre a trajetória da empresa.

Qual o porte e nicho de mercado (tipos de obra) que a sua empresa atua?

Qual o posicionamento estratégico da empresa?

Há quanto tempo você e sua empresa se relacionam com o *Lean* e com o BIM e qual o seu envolvimento atual?

Perguntas sobre o *Lean*

1. Em sua opinião, quais fatores levaram a empresa a utilizar o *Lean*? (explorar vantagens e vetores da adoção; quem ou que incentivou a adoção do *Lean*)
2. E quais os principais fatores a dificultar a adoção do *Lean*? (explorar barreiras e resistências à adoção)
3. Como o *Lean* tem sido utilizado na empresa?
4. Quais contribuições o *Lean* tem gerado para a empresa? Quem mais se beneficia?

Perguntas sobre o BIM

5. Em sua opinião, quais fatores levaram a empresa a utilizar o BIM? (explorar vantagens e vetores da adoção; quem ou que incentivou a adoção do BIM)
6. E quais os principais fatores a dificultar a adoção do BIM? (explorar barreiras e resistências à adoção)
7. Como o BIM tem sido utilizado na empresa?

8. Quais contribuições o BIM tem gerado para a empresa? Quem mais se beneficia?

Perguntas sobre integração entre o Lean e o BIM

9. Qual a visão da empresa sobre a integração entre *Lean* e BIM?
10. Como começou a integração entre *Lean* e BIM na empresa? Quais foram os processos? Em quais setores? Como foi decidido o caminho a ser traçado?
11. O que levou a empresa a buscar essa integração entre *Lean* e BIM?
12. O uso do *Lean* e do BIM e a integração entre eles se alinham com os objetivos de longo prazo da empresa? De que forma?
13. Você acredita que a utilização de *Lean* e BIM e a integração entre eles se caracteriza como uma vantagem competitiva para a empresa? De que forma?
14. Como essa integração tem sido realizada atualmente?
15. Quais benefícios a empresa tem obtido a partir do uso integrado entre princípios *Lean* e funcionalidades BIM?
16. Quais obstáculos enfrentados para o uso integrado de *Lean* e BIM?
17. Algum software utilizado pela empresa facilita a integração entre *Lean* e BIM? Qual?
18. Como a empresa poderia aproveitar melhor a sinergia entre *Lean* e BIM e quais os próximos passos da empresa para melhorar essa integração?