



**Politécnico
de Viseu**

Escola Superior
de Tecnologia
e Gestão de Viseu

Implementação da Metodologia BIM na Pré-Fabricação de Betão - Estudo de Caso em Empresa Brasileira.

Vinicius Piassa Benetti

Dissertação

Mestrado em Engenharia de Construção e Reabilitação

Trabalho efetuado sob a orientação de
Professor Doutor Paulo Alexandre da Silveira Costeira Marques da Silva
Professor Doutor Gustavo Lacerda Dias

Fevereiro de 2023



**Politécnico
de Viseu**

Escola Superior
de Tecnologia
e Gestão de Viseu

Implementação da Metodologia BIM na Pré-Fabricação de Betão - Estudo de Caso em Empresa Brasileira.

Vinicius Piassa Benetti

Dissertação

Mestrado em Engenharia de Construção e Reabilitação

Trabalho efetuado sob a orientação de

Professor Doutor Paulo Alexandre da Silveira Costeira Marques da
Silva

Professor Doutor Gustavo Lacerda Dias

Fevereiro de 2023

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, por todo o afeto, pela educação, por sempre me apoiarem, por nunca medirem esforços para que tivesse um estudo de qualidade e fosse feliz, independente de onde estivesse.

Ao meu orientador Paulo Costeira e ao meu co-orientador Gustavo Lacerda, por me auxiliarem ao longo do trabalho, e por sempre se mostrarem disponíveis, presentes e compreensíveis, principalmente nos momentos de dificuldade.

À minha companheira, Eduarda, por sempre estar presente, pelo suporte, pela paciência, pelo amor, pelo carinho, pela lealdade e pela resiliência ao longo do período em que estivemos mais longe do que nunca.

Aos meus amigos, de todos os grupos, que mesmo longe e espalhados, sempre deram força e torceram por mim.

Aos meus colegas de intercâmbio, por tudo o que vivemos neste tempo longe de casa, principalmente à Ana Flávia e ao João, que fizeram este período ser mais leve, agradável e feliz.

A empresa, em questão, deste estudo, por todo o suporte, acolhimento, tempo, material humano e recursos disponibilizados para a realização da pesquisa.

Ao Instituto Politécnico de Viseu, pela aprendizagem e pela oportunidade de estudar no exterior e à UTFPR – Pato Branco, pelas memórias, pelos momentos e por servir um ensino superior de qualidade, gratuito e acessível.

RESUMO

A pré-fabricação, mesmo possuindo diversos benefícios e motivos favoráveis para a sua utilização, ainda é uma técnica construtiva pouco utilizada e disseminada fora dos territórios mais setentrionais da Terra, em comparação com a construção tradicional. Novas tecnologias introduzidas no setor da construção, como o BIM (*Building Information Modelling*) podem não ser tão facilmente adaptadas a este estilo construtivo por não serem convencionais.

A ascensão do BIM como uma tecnologia avançada com perspectiva de consolidação no setor da construção, necessita de ferramentas que se apliquem e auxiliem a sua inserção no mercado da pré-fabricação. O crescimento e expansão da metodologia BIM aponta uma direção no sentido da industrialização da construção, que pode ser impulsionada pela sua utilização também na área da pré-fabricação através da aplicação de conceitos industriais e de produção repetitiva e contínua.

O processo de implementação do BIM envolve uma mudança significativa nos processos de operação de uma empresa. O presente trabalho pretende contribuir para a utilização do BIM no setor da pré-fabricação, mostrando como uma empresa de construção civil, especializada em pré-fabricação de betão, realizou a implementação do BIM nas suas operações, descrevendo o processo de transição, as tecnologias e os *softwares* adotados, a forma como os intervenientes se capacitaram e identificando o impacto que estas novas tecnologias introduziram na atuação e operação da empresa.

Com a informação obtida no estudo de caso apresenta-se uma análise das informações reunidas da empresa que possam ser úteis para que outras empresas do setor da pré-fabricação possam avançar com a utilização do BIM. Assim, é feita a avaliação da situação da empresa neste processo de transição, bem como são identificados os principais benefícios e desafios encontrados no processo. Por fim, apresentam-se algumas recomendações para a implementação do BIM e sintetizam-se as principais conclusões deste estudo.

Palavras-chave: Pré-fabricação de betão; BIM – Building Information Modelling; Implementação do BIM; Industrialização; Estruturas Pré-fabricadas.

ABSTRACT

Prefabrication, even though it has several benefits and favourable reasons for its use, is still a construction technique less often used and disseminated outside the northernmost territories of the Earth, compared to traditional construction. New technologies introduced into the construction industry, such as BIM (Building Information Modelling) may not be as easily adapted to this construction style due to not being conventional.

The rise of BIM as an advanced technology with the prospect of consolidation in the construction sector requires tools that apply and assist its insertion in the prefabrication market. The growth and expansion of BIM methodology points in the direction of the industrialization of construction, which can be boosted by its use also in the prefabrication area through the application of industrial concepts and repetitive and continuous production.

The BIM implementation process involves a significant change in the company's operation processes. This research aims to contribute to the use of BIM in the precast concrete sector, showing how a construction company, specialized in concrete precast, carried out the implementation of BIM in its operations, describing the transition process, the technologies and software adopted, how stakeholders were trained and identifying the impact that these new technologies introduced in the company's performance and operation.

With the information obtained in the case study, an analysis is presented of the information gathered from the company that can be useful for other companies in the prefabrication sector to move forward with the use of BIM. Thus, the evaluation of the company's situation in this transition process is made, as well as the main benefits and challenges encountered in the process are identified. Finally, some recommendations for BIM implementation are presented and the main conclusions of this study are summarized.

Keywords: Precast Concrete; BIM – Building Information Modelling; BIM Implementation; Industrialization; Precast Structures.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	ii
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
ÍNDICE GERAL	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABELAS	xi
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento Geral	1
1.2 Objetivos	2
1.3 Estrutura do Trabalho	3
2. Estado da Arte	5
2.1 Estruturas Pré-Fabricadas de Betão	5
2.2 Metodologia BIM	8
2.2.1 Dimensões BIM.....	9
2.2.2 Nível de Maturidade BIM	11
2.2.3 Estratégia BIM BR	12
2.3 BIM no Mercado da Pré-Fabricação.....	14
2.3.1 Impactos da Utilização em Casos Passados	17
2.4 Processo de Implementação.....	23
2.5 Ferramentas BIM	24
2.5.1 Autodesk Revit	25
2.5.2 Allplan Precast.....	27
2.5.3 Tekla.....	28
3. Mercado da Pré-Fabricação de Betão.....	29
3.1 Brasil.....	29
3.1.1 Contextualização	29
3.1.2 Perfil das obras	33
3.2 Portugal.....	36
3.2.1 Contextualização	36

3.2.2	Perfil das Obras	41
4.	Estudo de Caso	43
4.1	Descrição da Empresa.....	43
4.1.1	Início da Utilização de Pré-Fabricados <i>in situ</i> e de Pré-Fabricados industriais ..	45
4.1.2	Adaptação à Produção de Peças fora do Padrão.....	46
4.1.3	Produção dos Elementos Pré-fabricados	47
4.2	Metodologia.....	48
4.3	Modo e Fluxo de Operação na Empresa Alfa.....	50
4.4	Transição e Implementação do BIM.....	52
4.4.1	Atribuição de Cargo e Objetivos	53
4.4.2	Empresa Parceira Gestora BIM	56
4.4.3	Utilização do CAD e do BIM	57
4.4.4	Projeto.....	59
4.4.5	Planeamento e Controle de Produção	62
4.4.6	Logística	65
4.4.7	Execução de Obras	66
4.4.8	Contratos BIM	68
4.4.9	Normalização.....	69
5.	Análise e Recomendações	71
5.1	Nível de Maturidade BIM da Empresa	71
5.2	Impacto da Implementação do BIM	72
5.2.1	Benefícios	72
5.2.2	Desafios	73
5.3	Expectativas para o Futuro.....	75
5.4	Aplicação do Estudo	76
5.5	Recomendações para a Implementação do BIM na Pré-fabricação.....	78
6.	Conclusão e Desenvolvimentos Futuros	83
6.1	Limitações do Estudo.....	86
6.2	Desenvolvimentos Futuros	87
7.	Referências	89
	APÊNDICE 1 – Roteiro das Entrevistas	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Indústria de pré-fabricados de betão	6
Figura 2: Dimensões BIM	10
Figura 3: Mapa de metas e percurso da Estratégia BIM BR	12
Figura 4: Unidade do Laboratório Fleury, no Alphaville, em São Paulo	15
Figura 5: Modelo BIM com projetos compatibilizados do Laboratório Fleury	15
Figura 6: Shopping Parque da Cidade, em construção	16
Figura 7: Parque da Cidade <i>Life Center</i>	16
Figura 8: Níveis de investimento, por área, para implementação de BIM na empresa	22
Figura 9: Famílias de elementos pré-fabricados modelados	26
Figura 10: Modelo virtual do pavilhão pré-fabricado, utilizando famílias da Figura 9	27
Figura 11: Hipódromo da Gávea	30
Figura 12: Blocos do CRUSP - Conjunto Residencial da Universidade de São Paulo	31
Figura 13: Participação dos pré-fabricados no consumo de cimento, no Brasil.....	31
Figura 14: Produção de cimento no Brasil entre 2003 e 2014, em milhões de toneladas	32
Figura 15: Produção de Cimento no Brasil entre 2014 e 2021, em milhões de toneladas	32
Figura 16: Percentagem de participação dos pré-fabricados no consumo de cimento	33
Figura 17: Tietê Plaza Shopping, durante etapa de construção, em sistema reticulado	34
Figura 18: Tietê Plaza Shopping finalizado	35
Figura 19: Construção pré-fabricada de passadiço em rodovia de SP	35
Figura 20: Mapa de Placas Tectónicas	37
Figura 21: Zoneamento sísmico em Portugal	38
Figura 22: Evolução do consumo de cimento em Portugal	40
Figura 23: Estádio do Dragão, em construção.....	41
Figura 24: Casa modular pré-fabricada	42

Figura 25: Contraforte pré-moldado <i>in situ</i>	46
Figura 26: Lajes alveolares pré-esforçadas	47
Figura 27: Fluxograma da metodologia do trabalho	49
Figura 28: Organograma de engenharia da empresa Alfa	50
Figura 29: Fluxograma Operacional da Empresa Alfa	52
Figura 30: Obra simples, projetada em CAD	58
Figura 31: Obra complexa em detalhes, com utilização de BIM	59
Figura 32: Modelo virtual 3D da estrutura, no Tekla	60
Figura 33: Visualização de detalhes construtivos no modelo virtual 3D	60
Figura 34: Modelo de análise estrutural, no Cype	61
Figura 35: Secção do modelo de análise estrutural	61
Figura 36: Secção do modelo de promenorização 3D	62
Figura 37: Interface inicial Plannix	63
Figura 38: Etiqueta com <i>QR code</i> , impressa e colada em peça pré-fabricada	64
Figura 39: Atualizações dos movimentos e operações, no Plannix	64
Figura 40: Integração Plannix e Tekla	65
Figura 41: Controle de carregamento no Plannix	66
Figura 42: Visualização do arquivo IFC no BIMCollab	67
Figura 43: Desempenho da implementação BIM mal planeada	77
Figura 44: Implementação BIM bem-sucedida	77

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Definição do porte de estabelecimentos segundo o número de empregados	45
---	----

1. INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento Geral

Na história recente da construção civil podem identificar-se dois princípios determinantes, que estão bem presentes na quase totalidade das suas atividades, que são: a economia e a rapidez.

Construir de maneira económica e rápida é uma meta que vem sendo perseguida desde sempre. Com o passar do tempo, muitas técnicas construtivas têm vindo a ser melhoradas ou desenvolvidas, porque não há uma única forma de construir. Um dos processos construtivos desenvolvidos com esse propósito de economia e rapidez é a utilização de estruturas pré-fabricadas em betão.

São inúmeros os desafios colocados a este setor para que a construção seja económica e a sua execução rápida. Um dos obstáculos é a existência de erros e omissões nos projetos que levam ao aumento dos prazos e dos custos da construção.

A metodologia BIM (*Building Information Modeling*) surge neste setor como uma via inovadora, baseada na interoperabilidade e na colaboração entre os vários intervenientes, aproveitando a sabedoria e o conhecimento de todos, com o intuito de otimizar e acrescentar valor ao projeto e à obra.

A ascensão da metodologia BIM no desenvolvimento do projeto e na manutenção de sistemas construtivos, requer uma qualificação dos profissionais no mercado de trabalho. Consequentemente, as opções podem ficar escassas quando se trata de métodos construtivos não convencionais, como é o caso dos sistemas de construção com estruturas pré-fabricadas de betão.

Apesar de não convencionais, as construções em sistemas pré-fabricados já possuem indícios de aplicações no passado similares aos de hoje, mas também são vistas com maus olhos por alguns motivos como o facto de terem sido aplicadas pensando na rapidez, e não na qualidade, como ocorreu no período pós-guerra, onde a agilidade era mais importante do que a qualidade da construção, naquele curto período de reconstrução das zonas afetadas. A aplicação do BIM como uma nova tecnologia que representa qualidade e eficiência na construção,

também é uma forma de melhorar a reputação da construção pré-fabricada de modo geral, além de trazer seus benefícios e vantagens à tona (Silva, 2019).

Portugal não tem uma grande tradição na utilização de técnicas associadas à pré-fabricação na construção de edifícios, destacando-se a sua aplicação, maioritariamente, em elementos não estruturais (painéis de fachada, blocos de betão para paredes ou pavimentos) e em elementos para pavimentos (lajes aligeiradas de vigotas, painéis alveolares). As estruturas pré-fabricadas em Portugal têm na construção de edifícios do tipo industrial o seu maior mercado (Costa, 2015). Também é sabido que a adoção destes sistemas construtivos aumenta com o grau de desenvolvimento tecnológico do país (Tomás, 2010).

A metodologia BIM é um processo integrado de gestão da informação das várias especialidades do projeto, construção e operação, suportado por modelos computacionais tridimensionais que permitem representar com elevado grau de rigor virtualmente todas as características físicas e funcionais de uma construção (Eastman, 2008).

O BIM está ainda numa fase de implementação, mas alguns países têm apostado na rápida disseminação desta metodologia ao aprovarem, a nível governamental, legislação que exija que os projetos de obras públicas sejam elaborados em BIM, como são os casos recentes do Reino Unido e do Brasil. A transmissão deste conhecimento para a indústria será um desafio que se coloca na atualidade, juntamente com a necessidade de formação de recursos humanos especializados em BIM.

Neste contexto, antevê-se de grande utilidade a aplicação da metodologia BIM à pré-fabricação.

1.2 Objetivos

Com este trabalho, pretende-se promover uma discussão sobre as potencialidades, desafios e limitações associados à implementação da metodologia BIM, em empresas no setor da Arquitetura, Engenharia Civil e Construção (AEC), mais especificamente, em empresas de pré-fabricação de betão. A abordagem utilizada para desenvolver esta discussão, envolve um conjunto de metas complementares:

- Efetuar uma revisão bibliográfica sobre a aplicação da metodologia BIM no setor da pré-fabricação de betão;

- Caracterizar o setor de pré-fabricação de betão brasileiro e português;
- Identificar as potencialidades, os desafios, as dificuldades e as possíveis soluções/estratégias para a implementação da metodologia BIM em empresas de pré-fabricação de betão;
- Analisar o processo de implementação do BIM numa empresa brasileira de pré-fabricação, como caso de estudo, caracterizando as implicações introduzidas no seu funcionamento, nomeadamente, em projeto, na produção, na logística e no processo de montagem, e identificando os impactos reais verificados no processo de transição para a metodologia BIM;
- Deixar algumas recomendações para as empresas de pré-fabricação que ainda não implementaram o BIM, e que queiram fazê-lo a curto prazo.

1.3 Estrutura do Trabalho

Este trabalho encontra-se organizado por capítulos e complementado pela bibliografia e apêndice.

O Capítulo 1 é dedicado à contextualização para a realização deste estudo, à identificação dos objetivos propostos e à descrição da estrutura idealizada para a dissertação.

No Capítulo 2 apresenta-se a pesquisa bibliográfica realizada, na qual se procura apresentar o conceito das estruturas pré-fabricadas de betão, qual sua importância para o setor da construção, as suas vantagens em relação à modalidade de construção tradicional e porque pode ser uma alternativa rápida, segura, económica a ser utilizada na construção civil. Ainda neste capítulo, é descrita a metodologia BIM sobre os seguintes aspetos: quais as suas dimensões ao longo do ciclo de vida de um empreendimento, como pode ser avaliado o nível de utilização do BIM numa empresa, como o BIM pode contribuir no mercado da pré-fabricação em betão, quais as vantagens e condicionantes que fazem parte do seu processo de implementação e as ferramentas BIM que frequentemente se usam na indústria da pré-fabricação.

O Capítulo 3 destina-se à descrição e caracterização do mercado da pré-fabricação de betão, tanto no Brasil como em Portugal, contextualizando a situação recente deste mercado em termos económicos e resumindo os principais perfis de obras adotados em cada país.

No Capítulo 4 é apresentado um estudo de caso, onde se procura descrever o processo de implementação do BIM numa empresa brasileira de pré-fabricação de betão, que iniciou recentemente o uso dessa metodologia nos seus projetos e no planeamento e operação. Neste capítulo apresenta-se a metodologia definida para a recolha da informação junto da empresa, explica-se a estratégia adotada pela empresa para a implementação do BIM, identificando o modo e fluxo de trabalho, as dificuldades e os benefícios encontrados no processo, os *softwares* selecionados e o impacto em cada setor da empresa durante a transição.

O Capítulo 5 é dedicado à análise das informações reunidas no estudo de caso e na pesquisa bibliográfica com o objetivo de sistematizar os aspetos mais relevantes da implementação do BIM, benefícios e desafios e apresentar algumas recomendações para a implementação do BIM em empresas de pré-fabricação.

No Capítulo 6 são apresentadas as conclusões gerais do trabalho, as principais dificuldades sentidas, as limitações encontradas e são feitas sugestões para o desenvolvimento de trabalhos futuros.

No final são apresentadas as referências teóricas e práticas utilizadas como base para o desenvolvimento desta dissertação e no Apêndice 1 resume-se o roteiro de perguntas realizadas nas entrevistas com os responsáveis e os técnicos da empresa selecionada para o estudo de caso.

2. ESTADO DA ARTE

Para efetuar a análise da metodologia BIM no mercado de pré-fabricados de betão, é necessário compreender os conceitos que descrevem os temas em estudo, para perceber melhor o que está a ser tratado.

2.1 Estruturas Pré-Fabricadas de Betão

O uso de betão pré-fabricado *in situ* em edificações está amplamente relacionado a uma forma de construir económica, durável, estruturalmente segura e com versatilidade arquitetónica. Imediatamente, a indústria de pré-fabricados está continuamente fazendo esforços para atender às demandas da sociedade, como por exemplo: economia, eficiência, desempenho técnico, segurança, condições favoráveis de trabalho e de sustentabilidade (Acker, 2002).

Os sistemas pré-fabricados industrialmente e os pré-fabricados *in situ* são semelhantes, mas diferentes. Ambos são elementos estruturais de betão, como lajes, pilares, paredes e vigas, produzidos fora do local onde serão posicionados. Além disso, os dois agilizam a construção, pois são *montados* por encaixe, unidos por ligações e dispensam intervenções mais complexas, como cortes, reduzindo a mão de obra.

No entanto, eles se diferem basicamente no processo da sua produção – tanto no que diz respeito às características do material empregado, quanto no local onde as peças são confeccionadas, o que pode determinar o uso de um ou de outro na obra.

Quem melhor define um elemento pré-fabricado industrialmente ou pré-fabricado *in situ* é a ABNT NBR 9062:2016 – Projeto e Execução de Estruturas Pré-moldadas que diz que os elementos pré-fabricados industrialmente são, como o nome indica, produzidos em instalações industriais e sob condições rígidas de controle. Para isso, é necessário que a mão de obra seja especializada e que todas as etapas (da preparação da armadura e da cofragem, passando pelo lançamento do betão, até ao armazenamento da peça) tenham o auxílio de máquinas e equipamentos adequados. Recomenda-se que as peças sejam devidamente identificadas com a

data de fabricação e o tipo de aço e betão utilizados. A inspeção deve acompanhar até o transporte e a montagem na obra.

Enquanto os sistemas pré-fabricados *in situ* passam por procedimentos diferentes, pois não necessitam de mão de obra especializada, de instalações próprias ou de laboratórios. São moldados *in situ* e inspecionados de maneira individual ou em lotes por profissionais da própria construtora ou de órgãos fiscalizadores especializados. Mesmo assim, devem ser produzidos conforme outras duas normas, a ABNT NBR 14931:2004 – Execução de Estruturas de Concreto – Procedimento, e a ABNT NBR 12655:2015 – Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento.

Assim, pode-se citar algumas das principais diferenças entre o pré-fabricado industrial e o pré-fabricado *in situ*.

Quanto à modelação: ambas acontecem fora do estaleiro da obra, contudo a diferença é que os elementos pré-fabricados *in situ* são produzidos num local do próprio empreendimento, e não num espaço industrial. Por isso, o controle de qualidade é um pouco menos rigoroso.

Sobre a estrutura do local de fabricação: os pré-fabricados *in situ* podem ser produzidos até no local da obra, num ambiente próprio para a fabricação, no entanto, é preciso garantir que todos os moldes e equipamentos necessários estejam disponíveis para a produção das peças. Já as estruturas de betão pré-fabricadas industrialmente são produzidas em instalações industriais (Figura 1). Nestes locais, é preciso contar com mão de obra especializada, equipamentos específicos e laboratórios de ensaios. Além disso, os processos são mais rigorosos para assegurar o padrão de qualidade das peças pré-fabricadas.



Figura 1: Indústria de pré-fabricados de betão

Fonte: Leonardi (2022)

Relativamente à inspeção minuciosa: embora os pré-fabricados *in situ* também sejam submetidos à avaliação técnica, os pré-fabricados industriais seguem processos mais precisos e rigorosos, visando atender às diretrizes dadas pela regulamentação nacional.

Algumas etapas são avaliadas na produção dos pré-fabricados e devem ser executadas no laboratório de ensaios, como: a avaliação da matéria-prima; a elaboração do projeto de fabricação; a cura das peças; a distribuição e montagem da obra. Em resumo, os pré-fabricados destacam-se, principalmente, pelo rigor técnico na produção (ABNT, 2016).

A utilização de estruturas pré-fabricadas de betão na construção civil tem contribuído para a industrialização do setor, proporcionando a redução de custos e o aumento da sustentabilidade. Conforme Acker (2002), a pré-fabricação das estruturas de betão é um processo industrializado com grande potencial para o futuro. Comparado aos métodos de construção tradicionais e a outros materiais de construção, os sistemas pré-fabricados, como método construtivo, e o betão, como material, têm muitas características positivas. É uma forma industrializada de construção com muitas vantagens, nas quais se citam:

- Produtos feitos em instalações industriais, com possibilidade de automação no preparo da armadura, execução e montagem de cofragens, preparação e colocação do betão, entre outros;
- Uso otimizado de materiais, sendo que a vibração e a cura do betão são executadas em condições controladas;
- Menor tempo de construção já que a fabricação independe das condições adversas do clima;
- Qualidade baseada num sistema de controle da produção;
- Oportunidade para boa arquitetura, sendo que a pré-fabricação permite a modulação em sistema aberto como solução construtiva;
- Eficiência estrutural, com o uso de betão pré-esforçado para vigas e lajes permitindo maiores vãos livres;
- Flexibilidade no uso, com a criação de plantas livres que aceitam diversos tipos de subdivisões com divisórias;
- Adaptabilidade, facilitando a renovação e melhorias durante a vida útil da construção;
- Material resistente ao fogo;

- Construção menos agressiva para o meio ambiente, possibilitando a redução do uso de materiais até 45%, a redução do consumo de energia até 30% e a diminuição do desperdício com a demolição até 40%.

Este método construtivo aplica-se a diversos tipos de edificações, como: armazéns industriais, edifícios comerciais, ginásios e anfiteatros desportivos, supermercados, *shopping centers*, hospitais, complexos religiosos, pontes, passadiços, entre outros, ou seja, obras de infraestruturas e superestruturas, institucionais, industriais e comerciais.

Para finalizar, Doniak (2020) salienta que, embora os elementos pré-fabricados industriais sejam submetidos a exigências mais rigorosas de execução e controle, isso não significa que a qualidade dos elementos pré-fabricados *in situ* seja inferior.

2.2 Metodologia BIM

O BIM (*Building Information Modeling*) é uma das tecnologias mais promissoras do ramo da arquitetura, engenharia e indústria de construção (AEC). Com ele, é possível administrar todo o processo de criação e de gestão da informação num projeto, podendo operar durante todo o ciclo de vida da construção. Esta metodologia engloba descrições de cada objeto e dos seus aspetos, de forma digitalizada, com as tecnologias apropriadas. As informações estão contidas em bases de dados associadas a modelos 3D que possibilitam a pormenorização da estrutura, bem como a agregação de informação sobre o tempo, o custo, o planeamento do faseamento construtivo, entre outras (Eastman, 2008).

A definição de BIM pode ser dada como um conjunto de informações sobre todo o edifício. Um conjunto completo de documentos de projetos armazenados numa base de dados integrada (Krygiel & Nies, 2008).

Em BIM tudo se processa em redor do modelo tridimensional do edifício, que poderá ser criado através da utilização de diversos programas de modelação BIM. Estas ferramentas de modelação vão além dos modelos puramente geométricos realizados por exemplo em CAD. Em BIM os modelos são paramétricos, isto é, representam um conjunto de informações e propriedades definíveis pelo utilizador. Isto permite fornecer dados como o tipo de materiais ou o tempo de construção da obra, representando de

forma mais rigorosa as etapas de construção dela. Para isso, os elementos do modelo virtual estão representados por objetos, que posteriormente são catalogados por ordem de semelhança em famílias e bibliotecas. (Silva, 2019, p. 19)

2.2.1 Dimensões BIM

A riqueza de detalhes envolvidos num projeto BIM pode ser definida através do número de dimensões atuantes no projeto, desde as três dimensões, até ao projeto BIM 7D (Arnal, 2018). Assim, é esperado que o entendimento do projeto cresça conforme sejam adicionadas novas dimensões ao projeto.

Por definição, as dimensões superiores também contêm todas as informações presentes nas dimensões inferiores, dessa forma, por exemplo, não é possível um modelo 5D não conter as representações de um modelo 4D.

Cada dimensão pode ser descrita da seguinte forma:

- BIM 3D – Constituído pelas dimensões X, Y e Z, o modelo 3D é capaz de oferecer uma série de vantagens relativamente ao desenho 2D. Com o modelo 3D é possível gerar vistas 2D de todos os alçados do edifício, adicionar pormenores de diferentes objetos que constituem o modelo. Além disso, uma das suas maiores vantagens é a possibilidade de visualizar conflitos geométricos ao juntar as diversas especialidades do projeto.
- BIM 4D – No modelo 4D, está incluída a adição de cronogramas para o planeamento do faseamento construtivo, possibilitando a simulação passo a passo do processo construtivo. É uma grande evolução para aproximar a parte de planeamento do faseamento construtivo com as equipas de execução da obra.
- BIM 5D – É considerado um modelo 5D quando este é incrementado com informações de custos envolvidos no projeto 3D e com o planeamento 4D do faseamento da construção, podendo trazer benefícios como a redução do tempo e dos custos.
- BIM 6D – Aqui está envolvida a parte sustentável do projeto, ao longo de todo o seu ciclo de vida, permitindo quantificar as emissões de carbono e avaliar o consumo e a

eficiência energética do edifício. As informações contidas aqui podem ser essenciais para realizar mudanças no planeamento inicial da construção.

- BIM 7D – Esta dimensão engloba tarefas como o planeamento de manutenção, limpeza, gestão financeira, canalização e segurança contra incêndios, possibilitando aumentar o tempo de vida útil do edifício e otimizar custos de energia, melhorando também o nível de satisfação dos habitantes do empreendimento. Este conjunto de tarefas é conhecido como *Facility Management* (FM) (Hamil, 2021).

Arnal (2018), introduz uma nova definição de dimensões BIM estendendo-as até 10 dimensões, dizendo que estas representam o chamado “ciclo perfeito” (Figura 2), somando-se às 7 dimensões descritas anteriormente as seguintes classificações:

- BIM 8D – Dimensão onde são abordadas questões de segurança ao modelo, prevendo possíveis riscos no processo construtivo e operacional.
- BIM 9D – Diz respeito à introdução da filosofia *lean construction*, que trata de otimizar e agilizar todas as etapas necessárias à realização de uma obra, digitalizando os seus processos, a fim de evitar desperdícios e aumentar a produtividade.
- BIM 10D – Resume-se ao conceito de união de todas as demais dimensões através da industrialização da construção, tornando-a mais produtiva por meio do processo da sua digitalização.

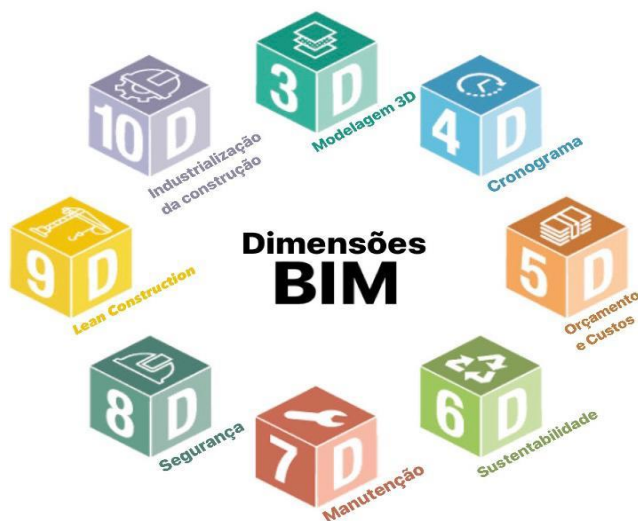


Figura 2: Dimensões BIM

Fonte: Adaptado de ACCA Software (2022)

2.2.2 Nível de Maturidade BIM

O conceito de maturidade BIM, definido por Succar (2008), classifica a aplicação da metodologia BIM em três níveis diferentes:

- Pré-BIM: Prática tradicional 2D (baixa colaboração);
- Nível 1: Modelação baseada em objetos (colaboração parcial);
- Nível 2: Colaboração em modelo (colaboração completa);
- Nível 3: Integração em rede (integração completa).

Esta classificação permite definir um estágio para o nível de aplicação e exercício do BIM nas empresas, proporcionando uma maneira de mensurar o desenvolvimento tecnológico e representar uma escala de evolução para que novos usuários da metodologia possam basear a sua evolução.

2.2.2.1 Pré-BIM

O conceito pré-BIM consiste nas práticas tradicionais construtivas em CAD, com muitas limitações e ineficiências, em que grande parte da informação é armazenada em peças desenhadas 2D, onde estão sujeitos a diversos erros humanos, diferentes versões de projeto e incompatibilidade.

2.2.2.2 Nível 1

O primeiro nível de maturidade BIM corresponde à transição do projeto 2D para o 3D, utilizando objetos arquitetónicos reais que mostram os elementos corretamente em todas as vistas. Neste primeiro nível, as disciplinas de arquitetura e engenharia ainda são tratadas separadamente, com a maioria das informações e documentação final armazenada em desenhos 2D estilo CAD (Khosrowshahi & Arayici, 2012).

2.2.2.3 Nível 2

O nível dois parte da progressão do modelo 3D para a colaboração e a interoperabilidade, requerendo comunicação e partilha de dados entre os intervenientes numa abordagem coletiva (Khosrowshahi & Arayici, 2012).

2.2.2.4 Nível 3

Este nível representa a verdadeira filosofia da metodologia BIM. Uma integração entre todas as partes durante todo o ciclo de vida do projeto, em tempo real. Os modelos BIM de nível 3 tornam-se interdisciplinares, permitindo realizar análises complexas de *design* virtual e variáveis que se estendem além dos objetos da estrutura, incluindo princípios de sustentabilidade, custo ao longo do ciclo de vida e industrialização da construção (Khosrowshahi & Arayici, 2012).

2.2.3 Estratégia BIM BR

Em 2018, o Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) brasileiro lançou, por meio do Decreto n.º 9.377, a Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modelling* – BIM, também conhecido como Estratégia BIM BR.

Este programa visa promover um ambiente adequado ao investimento em BIM e à sua difusão no país, buscando aumentar a produtividade, competitividade, qualidade, sustentabilidade e transparência no setor público e privado da construção civil do país (Figura 3).

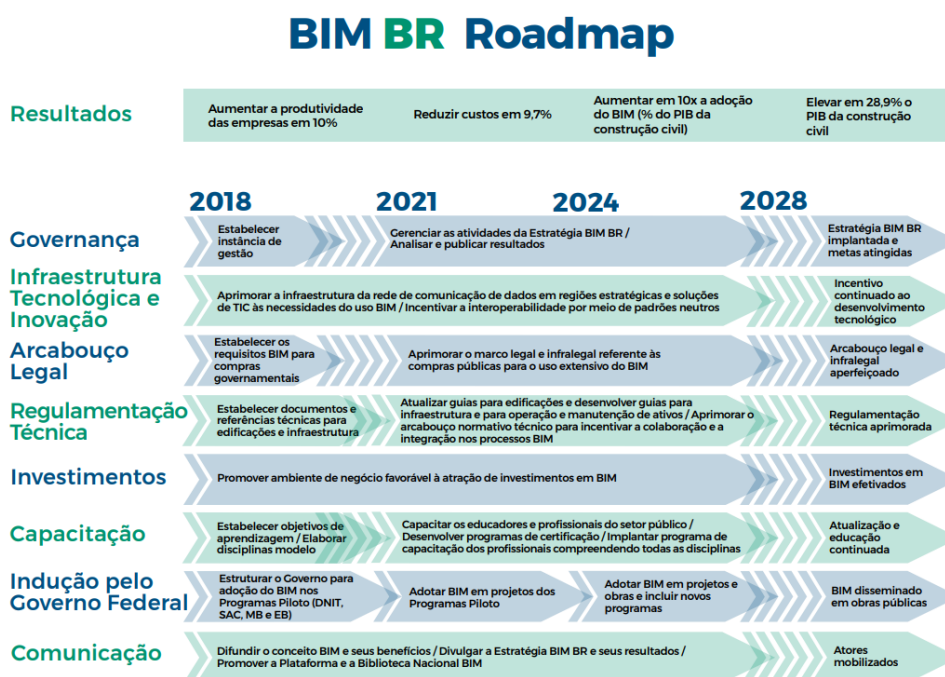


Figura 3: Mapa de metas e percurso da Estratégia BIM BR

Fonte: MDIC (2018)

Esta estratégia incentiva e faz com que as empresas no país tenham de se adaptar às novas tecnologias do mercado, buscando melhorias para todos os envolvidos, afetando positivamente todos os ramos e mercados da construção, inclusive o da pré-fabricação de betão.

Nos próximos tópicos, são descritos os nove principais objetivos da estratégia, assim como o que cada um procura proporcionar (MDIC, 2018):

- Difundir o conceito BIM e os seus benefícios; atualmente, considera-se que a sociedade brasileira não possui grande conhecimento a respeito do BIM, sendo assim necessário realizar uma difusão deste novo paradigma da indústria da construção e os benefícios que trará para o cidadão e para o setor da construção, através de planos de comunicação e instrumentos de apoio como guias e plataformas BIM;
- Definição de requisitos mínimos para exigir o BIM nas compras públicas ou utilização da metodologia no desenvolvimento de projetos públicos, acompanhamento de obras e gestão de edificações e infraestruturas, além de estruturar parâmetros como sistemas de classificação e orçamentos, e modelos de construção padrão;
- Promover um ambiente de negócios favorecendo os investimentos em BIM e a sua utilização no país, criando condições favoráveis e acessíveis, como linhas de financiamento a pequenas empresas às necessidades de investimentos em tecnologias BIM;
- Estimular a capacitação profissional em BIM, estabelecendo objetivos e competências necessárias para níveis de atuação, além de qualificar servidores públicos e incentivar a maior inserção do BIM na estrutura curricular de disciplinas de graduação e pós-graduação em Engenharia e Arquitetura;
- Propor atos normativos para compras e contratações públicas e estabelecer exigência do uso do BIM em programas governamentais com recursos públicos, através da melhoria da atividade legislativa, a partir de 2021;
- Elaborar normas técnicas e protocolos específicos para garantir uma forma padronizada, precisa e correta das novas tecnologias BIM, que permitam o estudo e a certificação de profissionais;
- Desenvolver a plataforma e a biblioteca nacional BIM, ajudando na disseminação de informações, e criando objetos BIM padronizados, disponibilizados para profissionais do setor;

- Estimular o desenvolvimento e a aplicação de novas tecnologias relacionadas ao BIM, integrando a estratégia com outros programas governamentais;
- Incentivar a concorrência de mercado por meio de padrões neutros de interoperabilidade BIM, para intercâmbio de dados e promover fluxos de trabalho abertos.

Estas medidas afetam diretamente todos os setores da construção, fazendo com que as empresas da indústria da construção, independente do ramo, necessitem de implementar metodologias BIM no seu processo de projeto e trabalho, a fim de se manterem competitivas no mercado.

O setor da construção de pré-fabricados de betão, necessita adaptar as tecnologias para a sua linha de produção. Por ser uma área mais específica da construção, o processo tende a ser mais trabalhoso na fase de transição para estas novas tecnologias.

2.3 BIM no Mercado da Pré-Fabricação

O Ministério da Economia brasileiro, lançou um edital de chamamento público, onde um dos objetivos propostos, trata de identificar e adequar os regulamentos técnicos para a inserção da construção modular nas normativas brasileiras. O Grupo de Trabalho Consultivo (GTC) encarregado desta área, é encabeçado pelo engenheiro civil Sergio Scheer, especialista em Tecnologias de Informação (TI) e BIM, isso representa que os intervenientes neste projeto de expansão da industrialização do betão estão conectados às tecnologias BIM.

Doniak (2021) alega que, as 10 dimensões BIM possuem uma meta em comum: a industrialização, visando tornar o setor da construção mais produtivo, por meio da integração de novas tecnologias e da digitalização.

Os pré-fabricados de betão e o BIM possuem muitas características em comum. Ambos exigem um planeamento minucioso antecipado e uma visão sistemática dos empreendimentos para garantir a alta qualidade e precisão dos projetos, no intuito de reduzir prazos, custos e perdas por trabalhos adicionais, além de aumentar a qualidade e sustentabilidade como um todo.

A implementação do BIM na indústria de pré-fabricados de betão iniciou-se há mais de uma década e está em constante evolução daí em diante. Um projeto relevante da época foi a

construção de uma unidade do Laboratório Fleury no estado de São Paulo (Figura 4), onde foi utilizada a metodologia BIM nas etapas de compatibilização das especialidades do projeto (Figura 5), de planejamento construtivo e de execução da obra. A aplicação permitiu atender o curto prazo de execução da obra com qualidade e produtividade, principalmente devido à modelação 3D do projeto (Doniak, 2021).



Figura 4: Unidade do Laboratório Fleury, no Alphaville, em São Paulo

Fonte: Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto – ABCIC (2017)

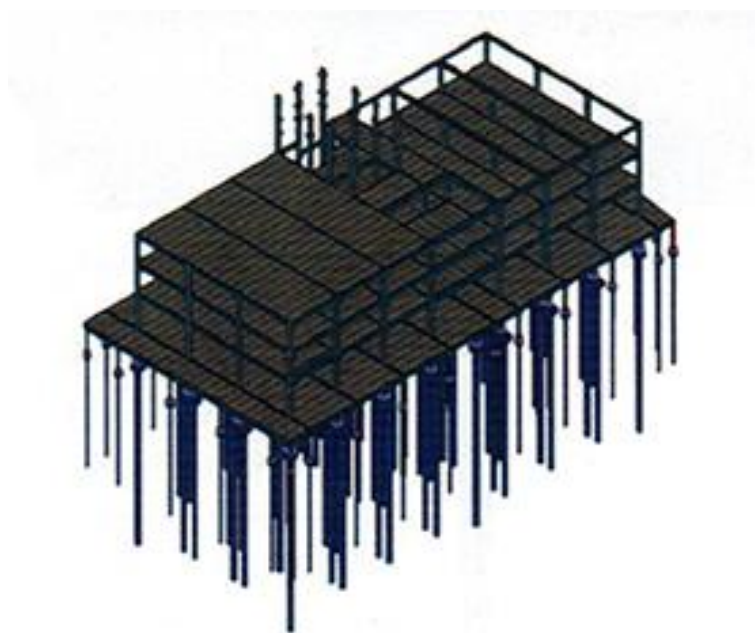


Figura 5: Modelo BIM com projetos compatibilizados do Laboratório Fleury

Fonte: ABCIC (2017)

Outro exemplo mais recente, o Shopping Parque da Cidade, em São Paulo (Figura 6), foi vencedor de prêmios no âmbito da construção de pré-fabricados de betão, por ter o seu projeto desenvolvido 100% em tecnologia BIM, desde a digitalização do terreno, com a compatibilização entre o planeamento construtivo, a arquitetura e a engenharia (Doniak, 2021). O empreendimento faz parte de um *Life Center*, que também conta com um hotel, áreas verdes e edifícios comerciais e residenciais (Figura 7). O *shopping center* recebeu o selo LEED Ouro devido às suas práticas sustentáveis (SustentArqui, 2020).



Figura 6: Shopping Parque da Cidade, em construção

Fonte: OR (2016)



Figura 7: Parque da Cidade *Life Center*

Fonte: Consumidor Moderno (2018)

Scheer (2021) acredita que o momento atual da construção civil, em busca de confirmar novas tecnologias, passa pela necessidade de utilizar mais processos industrializados na construção. Um exemplo disso, é o mercado de construções pré-fabricadas de betão, que já é um setor maduro no Brasil, e está se adaptando com bom uso de tecnologias de produção e projeto em BIM, progredindo com uma ampliação de soluções para o mercado.

2.3.1 Impactos da Utilização em Casos Passados

Um estudo de Silva (2019), reuniu informações de trabalhos anteriores a respeito de aplicações das metodologias BIM em empresas distintas da pré-fabricação ao redor do mundo, elencando os pontos relevantes da implementação da tecnologia em cada estudo anterior. Este estudo dividiu as vantagens observadas nas aplicações, de modo geral, em 5 tópicos: economia, tempo, logística, qualidade e segurança, além das adversidades encontradas. As vantagens observadas nos variados estudos de caso (não observadas em todos eles, necessariamente), reunidas por Silva, são descritas nos próximos subcapítulos.

2.3.1.1 Economia

Num mundo globalizado movido, em parte pelo capital, a economia é vital para a saúde financeira das empresas, visando sempre manter a produtividade, qualidade e tempo, consumindo menos recursos e dinheiro, possibilitando um crescimento maior da empresa e da indústria da construção de modo geral.

i. Redução de custos de projeto

O aumento da produtividade na elaboração dos projetos, com redução do tempo de desenho, tanto ao nível da arquitetura quanto das estruturas, possibilitou reduções entre 2,6 e 6,7% do custo total dos empreendimentos. Esse ganho em produtividade foi possível graças à redução de alterações de projeto, redução de erros e tempo poupado na reintrodução de dados, como a geração de medições, por exemplo.

ii. Melhor estimativa dos custos

A modelação em BIM permite projetos mais detalhados, mais precisos e com menores custos, que poderiam ser inviabilizados devido às estimativas de menor acurácia.

iii. Desempenho dos colaboradores

A execução da obra e os processos de montagem no estaleiro são mais facilmente compreendidos pelos colaboradores, devido à possibilidade de realizar simulações 4D e visualizar melhor o projeto de maneira mais intuitiva.

iv. Compensar a falta de projetistas especializados em pré-fabricação

As ferramentas BIM permitem suprir a falta de profissionais locais especializados, permitindo a atuação à distância, trabalhando em *cloud* e colaborando de forma eficiente sem estar presente no dia a dia.

v. Amenizar a pressão associada aos custos da operação em pré-fabricados

Além de Portugal, outros países como o Irão, ao não possuírem tradição em construção pré-fabricada de betão, acabam criando uma visão precipitada e preconceituosa por parte de clientes e bancos atuando no financiamento das construções, devido à mistificação do contexto histórico da construção pré-fabricada. O BIM permite apresentar projetos mais bem elaborados, com cronogramas e medições reais, facilitando a aceitação por parte de intervenientes mais céticos ou leigos no assunto.

vi. Compatibilização de projetos e prevenção de erros

A oportunidade de compatibilizar as especialidades de um projeto e a verificação de conflitos (*clash detection*) previne erros envolvendo outras áreas além de projetos arquitetónicos e estruturais, que podem estar ligados a projetistas subcontratados, possibilitando o trabalho conjunto e reduzindo o número de falhas ao coordenar as distintas especialidades de um projeto.

vii. Facilidade na compra de materiais

A disponibilidade de desenhos pormenorizados em BIM fornece uma visão precisa dos elementos que precisam ser adquiridos, como o aço, as tubagens, os ligadores, etc., ajudando todos os envolvidos na compra.

2.3.1.2 Tempo

A redução do tempo de planeamento e de execução da obra e o aumento de precisão do cronograma de trabalhos, não afeta apenas diretamente os custos envolvidos, mas também

oferece um diferencial para o cliente, que gostaria de contar com o seu empreendimento em funcionamento o mais cedo possível.

i. Redução do tempo de montagem

A utilização de simulações 4D permite agilizar o processo de montagem, com a visualização do processo bem definido, além de auxiliar a operação dos subempreiteiros envolvidos na construção para operarem de forma mais bem coordenada.

ii. Geração automática de medições

A extração dos mapas de quantidades dos elementos construtivos com ferramentas BIM permite agilizar e planejar melhor o processo de produção dos elementos em fábrica, alinhados com o cronograma de execução da obra, facilitando também a compra dos materiais e a melhor definição dos custos.

iii. Descomplicar os processos iniciais de discussão do projeto

As primeiras reuniões entre os intervenientes no projeto, tendem a ser mais produtivas com modelos mais bem definidos e detalhados, simplificando a compreensão de todas as partes na fase de conceção do projeto.

2.3.1.3 Logística

O processo de operação numa indústria de pré-fabricados de betão é diretamente ligado a questões logísticas, envolvendo ações como o armazenamento de materiais, equipamentos, o transporte de peças e elementos estruturais dentro do estaleiro e a sua expedição para as obras, além dos movimentos de máquinas e demais equipamentos dentro do meio fabril. Uma má coordenação logística pode comprometer o planeamento e a execução dos empreendimentos em curso.

i. Simulação do movimento dos elementos em obra

Com os modelos 4D detalhados, é possível visualizar o movimento dos elementos pré-fabricados, bem como a sua ordem de produção e montagem, permitindo uma melhor gestão organizacional da indústria e do estaleiro de obras.

ii. Controlar melhor o transporte dos elementos pré-fabricados

Algumas ferramentas BIM permitem analisar uma série de variáveis envolvidas no transporte das peças para a obra, como dimensões dos veículos, cargas e planeamento dos trajetos de carregamento.

2.3.1.4 Qualidade

Fornecer produtos e estruturas de boa qualidade é de grande valia para uma empresa de pré-fabricados, principalmente em países sem tradição no ramo. Alguns destes ganhos em qualidade podem tornar-se diferenciais na decisão do cliente.

i. Melhor apresentação e visualização do projeto

Existem ferramentas BIM que permitem navegar por dentro dos projetos das edificações, o chamado *walkthrough*, permitindo além de melhor visualização de detalhes construtivos, uma aparência mais agradável para o cliente na hora da apresentação para a venda do produto. Tecnologias mais recentes de realidade aumentada já permitem visualizar o modelo da edificação em tamanho real no local de construção, através de um dispositivo eletrónico.

ii. Desenvolvimento de estruturas mais complexas

A interoperabilidade de *softwares* BIM com as máquinas da pré-fabricação também permite a criação de estruturas diferenciadas, com cortes e modelos alternativos, importados diretamente do computador, permitindo a construção de estruturas com soluções pré-fabricadas alternativas, ampliando a variedade de aplicação do produto para os clientes.

2.3.1.5 Segurança

É de responsabilidade da empresa garantir e fornecer todo o suporte para a segurança dos seus empregadores no meio da construção. O desenvolvimento de planos de segurança pode ser auxiliado com ferramentas BIM.

i. Redução de acidentes em obra

Os modelos BIM podem demonstrar a disposição dos elementos pré-fabricados no estaleiro de obra, as vias de circulação, as instalações provisórias e os equipamentos de proteção coletiva, além de efetuar a gestão de riscos. Estas medidas tendem a diminuir o número de acidentes de trabalho.

2.3.1.6 Adversidades

Apesar de uma grande gama de benefícios descritos nos tópicos anteriores, alguns condicionamentos e dificuldades da metodologia BIM necessitam ser comentadas, para a implementação deste novo sistema operacional da construção.

i. Custos de implementação

As principais condicionantes iniciais na implementação são observadas no âmbito do processo de especialização dos profissionais responsáveis pela aprendizagem das novas tecnologias, mediante a compra de licenças para utilização dos *softwares*, bem como a formação para manuseá-las.

As licenças de utilização dos programas tendem a ter um custo inicial bastante significativo, bem como a aquisição de *hardwares* e equipamentos com requisitos operacionais recomendados pelos produtores.

Além disso, acrescem custos indiretos relacionados com a perda de tempo e de produtividade neste período de implementação, que tendem a ser recuperados rapidamente após a familiarização e adoção da nova metodologia.

Venâncio (2015) numa pesquisa feita entre empresas construtoras portuguesas, independente da área de atuação e estilo de construção, classificou os níveis de investimento na implementação da metodologia BIM em cada condicionante (Figura 8).

ii. Responsabilidade legal

A interoperabilidade BIM também possui adversidades, encontradas devido à alta participação de pessoal envolvido no modelo do projeto. Assim, pode tornar-se confuso apontar responsáveis em caso de verificação de erros em situações que saiam do

planeado. Do mesmo modo em que pode ser incómodo definir um legítimo proprietário intelectual do modelo.

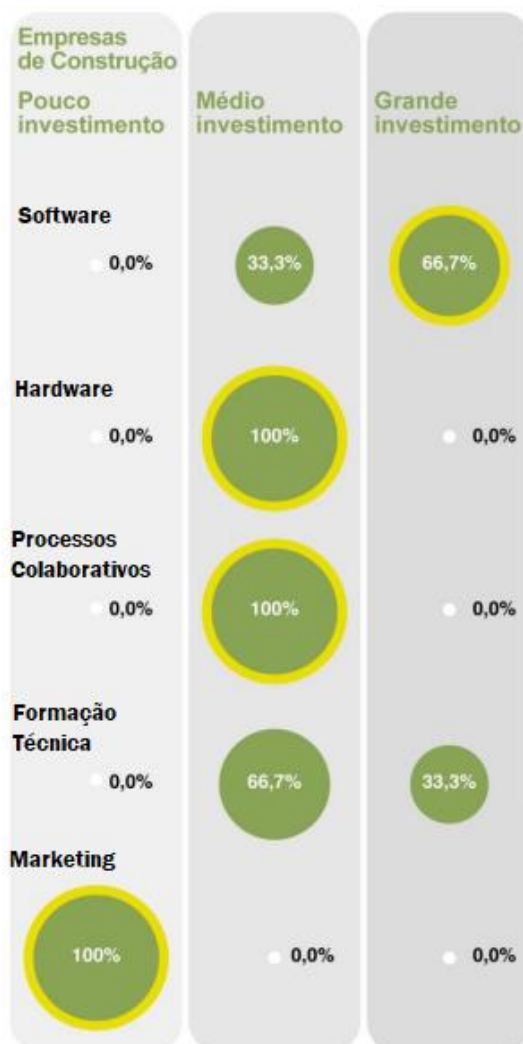


Figura 8: Níveis de investimento, por área, para implementação de BIM na empresa

Fonte: Venâncio (2015)

iii. Comunicação com outros intervenientes que não usem BIM

A troca de informações entre intervenientes que utilizam plataformas diferentes em alguns processos, ou que ainda não utilizem ferramentas BIM, não está isenta de perda de informações e erros. Porém, este problema tende a ser eliminado gradativamente conforme a evolução e padronização dos modelos abertos IFC (*Industry Foundation Classes*).

2.4 Processo de Implementação

Assim como no Brasil, o Reino Unido também aproveitou as iniciativas governamentais para a implementação do BIM a nível nacional, uma abordagem conhecida como *top-down*. Imposto em 2011, o plano previa a obrigatoriedade do uso de BIM nível 2 nas obras públicas a partir de 2016, implicando um processo de aceleração dos técnicos da área para obterem especialização (Venâncio, 2015).

Como consequência desta medida, o NBS *National BIM Report* (2020) revelou que quase todos os entrevistados já estão familiarizados com a metodologia BIM, e 73% já a está utilizando. Um grande avanço, já que no relatório de 2011, 43% dos entrevistados nunca ouviram falar do BIM.

Em 2017, um ano após o prazo estabelecido para a obrigatoriedade do uso do BIM nível 2 nas obras públicas no Reino Unido, 90% dos utilizadores de BIM afirmaram que foi necessário realizar alterações nos seus procedimentos de trabalho, entretanto apenas 4% destes relataram arrependimento na decisão de o ter implementado (NBS, 2017).

Em Portugal, ao invés da abordagem *top-down*, tem-se privilegiado a *bottom-up*, onde os intervenientes da indústria da construção, como construtores, projetistas, fornecedores e instituições de ensino desenvolvem um plano de implementação específico do BIM, procurando fomentar a sua aplicação, também através de entidades e congressos, por exemplo, como o ptBIM e o antigo BIMForum Portugal (Venâncio, 2015).

Independente da abordagem, cada empresa possui uma metodologia de trabalho própria, podendo ser diferente das demais, ou não. As empresas de pré-fabricados de betão, apesar de trabalharem em operações padronizadas, podem diferir no modelo da sua linha de produção, devido a condicionantes como diferente maquinaria, equipamentos, procura, localização, logística e grandeza.

Scheer (2021) aponta que é natural as empresas que estão em fase inicial de transição, com planos de adoção da metodologias BIM, comecem os seus trabalhos apenas usando modelos tridimensionais (BIM3D), e depois, com a verificação de dados de compatibilização e deteção de conflitos, o chamado *clash detection*. Estas são umas das primeiras aplicações que trazem ganhos reais, com redução de erros e de trabalhos adicionais no estaleiro de obras. Em

seguida, com o domínio desta técnica, avançam com as atividades de planeamento do faseamento construtivo e de orçamentação (BIM 4D e BIM5D, respectivamente).

Para obter sucesso na implementação do BIM, segundo o relato de algumas empresas de construção, é de grande importância ter uma equipa com experiência e formação em BIM, que já possua conhecimento prévio da metodologia antes de implementá-la. Outros fatores também foram citados como dependentes para o sucesso, como o dever de utilização de BIM, nos termos contratuais e o conhecimento da metodologia pelas diferentes partes intervenientes no empreendimento (Venâncio, 2015).

Bataglin *et al.* (2017) analisou estudos anteriores de outros autores e um estudo de caso aplicando a modelação BIM 4D dentro do processo fabril de uma indústria de pré-fabricados, obtendo resultados significativos de gestão de produção, controle e aumento de produtividade. Estes resultados se deram através da padronização de atividades e atualização dos *status* de movimentos, armazenamento e expedição, com resultados positivos diretos na logística da empresa, aumentando a sua agilidade e eficiência.

Contratar alguém com formação e experiência na utilização de BIM pode ser uma tarefa difícil para uma empresa, principalmente no setor da pré-fabricação, pois tanto o BIM quanto a pré-fabricação são áreas relativamente específicas e podem não ser tão exploradas na formação de novos profissionais.

Incentivar a aprendizagem do BIM e a inserção de disciplinas no ensino superior, que promovam a utilização da metodologia, pode ser uma maneira de facilitar o emprego de profissionais com suficientes conhecimentos de BIM, ou de contribuir para a diversificação do uso do BIM nas empresas em que colaboram ou poderem a vir a iniciar um processo de implementação do BIM. Da mesma forma, também se poderia difundir a utilização das construções pré-fabricadas, se a aprendizagem sobre estes sistemas construtivos também fosse formentada no ensino superior.

2.5 Ferramentas BIM

Existem muitas empresas de desenvolvimento de *softwares* lançando novas aplicações e produtos dentro do universo BIM, permitindo cada vez mais, maiores integrações entre as operações dentro da indústria da construção, apresentando benefícios reais para os seus clientes.

Num período de grandes avanços tecnológicos, de migração para o universo digital, os novos profissionais estão sendo lançados no mercado de trabalho com bases teóricas de cálculo, de estruturas, de segurança e de planejamento. Mas no período de graduação do futuro engenheiro, ele estará aprendendo estes processos através do manuseio de *softwares*, BIM ou não, que integrarão os diversos conhecimentos sobre a segurança, a qualidade e a otimização de soluções construtivas aliadas à sustentabilidade ambiental.

Desse modo, é de grande importância que, os programadores destas aplicações, assim como os projetistas e construtores, assumam as responsabilidades técnicas dentro da indústria da construção e que programem os seus *softwares* para que possam conceber e projetar de maneira correta e segura, dentro das normativas estabelecidas nas legislações locais.

A indústria da construção, por ser um setor muito abrangente e ramificado nos processos e áreas de atuação, pode estagnar na aplicação do BIM em algumas dessas áreas, como no caso da pré-fabricação em betão.

Muitas aplicações BIM da indústria da construção, não possuem, ou apresentam um número limitado de objetos ou de extensões que operem no planejamento construtivo e no projeto de sistemas pré-fabricados de betão, tornando esta área ainda mais seleta neste quesito.

Porém, visando um encaminhamento da construção civil e do BIM para a industrialização dos processos construtivos, como descrito anteriormente por Arnal (2018), a tendência é que, no futuro, a área da pré-fabricação esteja cada vez mais inserida dentro do universo e das aplicações BIM em novas versões e produtos.

O objetivo deste subcapítulo é apresentar resumidamente as ferramentas e aplicações BIM que possam atuar e aprimorar o processo e o funcionamento de empresas do setor da pré-fabricação de betão que estejam em processo de transição e de adoção da metodologia BIM nos seus métodos de trabalho.

2.5.1 Autodesk Revit

O Revit ® é um *software* desenvolvido pela empresa Autodesk, que também desenvolveu o AutoCAD, que ainda é o *software* de desenho, não BIM, mais utilizado no Brasil. É um *software* de livre acesso para estudantes, sendo muito utilizado no ensino superior na formação de futuros profissionais da área da construção.

Esta estratégia da Autodesk de disponibilização de licenças e a sua grande disseminação no Brasil, faz com que hoje, o Revit seja o *software* mais acessível e o que mais provavelmente será usado por um profissional recém-graduado no início do seu percurso como Engenheiro Civil.

O Revit permite modelar e ligar elementos de arquitetura, de estruturas e de instalações técnicas mecânicas, elétricas e de abastecimento (MEP) na mesma interface. Por ser um *software* BIM, permite armazenar os dados geométricos e não geométricos numa base de dados conjunta, além da modelação parametrizada de novas famílias.

Entende-se que a criação de famílias é de grande valia para o setor da pré-fabricação em betão, tornando-se muito úteis, pois a principal ideia da utilização de sistemas pré-fabricados consiste na padronização e repetição.

É interessante que a empresa crie famílias das distintas peças pré-fabricadas existentes no seu catálogo, agilizando a montagem e desenho aos seus futuros projetos, permitindo apresentações mais agradáveis aos seus clientes.

Um exemplo de peças catalogadas parametrizadas no Revit e a sua utilização num projeto de um pavilhão industrial, são exibidas nas Figura 9 e Figura 10.

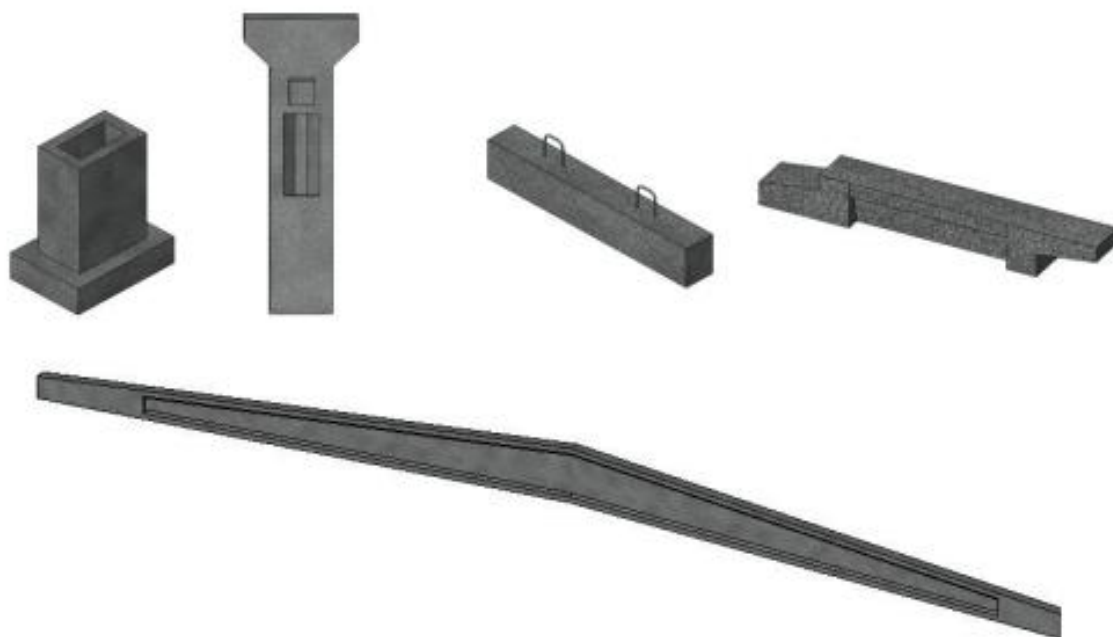


Figura 9: Famílias de elementos pré-fabricados modelados

Fonte: Carvalho (2016)



Figura 10: Modelo virtual do pavilhão pré-fabricado, utilizando famílias da Figura 9

Fonte: Carvalho (2016)

A possibilidade de mudar o material dos elementos nas famílias e agregar valores de preço e custo, permite realizar o lançamento de orçamentos mais rápidos, com extrações automáticas de medições. Também é possível adicionar armaduras automaticamente nas peças. Porém, o Revit não realiza análises estruturais, sendo necessário exportar o modelo para outros *softwares*, como o Robot, também da Autodesk, para fazer a verificação da estrutura e dos elementos e exportá-los novamente ao Revit, graças à interoperabilidade BIM.

Existem diversos outros recursos avançados no Revit, que permitem a utilização de outras dimensões avançadas no universo BIM, através de *plugins* e de interoperações com outros *softwares* utilizando o formato IFC.

2.5.2 Allplan Precast

A Allplan é uma empresa alemã que desenvolve *softwares* para a construção civil, com diversos programas BIM no seu catálogo. O Allplan Precast é um *software* exclusivo para uso na pré-fabricação, com recursos semelhantes ao Revit, porém mais específicos para a área da pré-fabricação.

No Allplan Precast, além de se desenhar os modelos 2D e 3D, também é possível criar os seus próprios modelos de elementos, assim como a criação de famílias para o Revit, para adaptar e agilizar o desenho das peças e produtos do catálogo da empresa.

É possível adicionar automaticamente reforços básicos na armadura de um elemento, assim como gerar os pormenores dos elementos, de maneira intuitiva.

Ainda há outras aplicações desenvolvidas pela Allplan, que podem auxiliar na operação quando utilizadas em conjunto entre si, como o BIMPLUS, o TimWorks e o TimFlow. O BIMPLUS é uma plataforma openBIM para planeamento e trabalho colaborativo.

2.5.3 Tekla

O Tekla é uma linha de produtos BIM desenvolvidos pela empresa finlandesa Trimble, país que é um dos pioneiros e maiores utilizadores da construção pré-fabricada de betão no mundo. Os *softwares* Tekla estão presentes no desenvolvimento tecnológico do BIM na área da pré-fabricação na Finlândia há muitos anos, onde por exemplo, uma parceria do Tekla com a Lujabetoni, uma das maiores produtoras de pré-fabricados do país, firmada em 2005, persiste até hoje e foi um grande diferencial para o desenvolvimento económico e tecnológico da empresa (BFT International, 2015).

O Tekla Structures é o *software* de desenho e projeto estrutural semelhante aos demais abordados, mas com o diferencial de já possuir uma biblioteca de objetos BIM pré-fabricados mais abrangente do que os demais concorrentes.

A integração dos modelos de projeto com a fabricação, gestão de logística e armazenamento também são outros benefícios da utilização do seu *software*, que também conta com pormenorização livre de erros, extração automática de medições, visualizações de modelos com boa aparência para venda e planeamento da instalação dos componentes no estaleiro de obras.

Também é possível coordenar os projetos de maneira colaborativa através do Tekla Model Sharing para o Tekla Structures e o Trimble Connect, permitindo a integração dos intervenientes no planeamento do faseamento construtivo, acedendo ao modelo e podendo fazer alterações em tempo real, extraindo dados e operando em sincronia.

3. MERCADO DA PRÉ-FABRICAÇÃO DE BETÃO

Vários países utilizam o sistema de construção em pré-fabricados, de diversas formas há anos, onde cada um desenvolveu um sistema que se encaixe melhor na sua própria cultura e tecnologia construtiva (Lu, 2007). Independentemente das razões (ambientais, económicas ou culturais), alguns já possuem uma tradição bastante alargada na temática da construção pré-fabricada, desenvolvendo esse conceito com foco em inovação, eficiência, produtividade e rentabilidade na indústria da construção.

Neste capítulo, a intenção é analisar e descrever o mercado da pré-fabricação no Brasil e em Portugal, buscando entender alguns fundamentos como o seu momento atual, o histórico, as projeções, os perfis de obras, a relevância no setor da construção, a demanda e o impacto local.

3.1 Brasil

A indústria da construção no Brasil vive um momento de mercado em alta, com oscilações, onde há uma crescente procura de obras e serviços, que também oferecem oportunidade e espaço para novas empresas no mercado.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020) através da Pesquisa Anual da Indústria da Construção (PAIC), em 2020, o mercado da indústria de construção, movimentou mais de 325,1 bilhões de reais (aproximadamente 51 bilhões de euros, na cotação da época), além de empregar mais de 2 milhões de pessoas, distribuídas em 131,8 mil empresas.

3.1.1 Contextualização

O primeiro registo de uma grande obra no Brasil, com utilização de estruturas pré-fabricadas *in situ* de betão, foi o Hipódromo da Gávea, ou Jockey Clube Brasileiro (Figura 11), construção simbólica no Rio de Janeiro, muito lembrada e reconhecível nas imagens aéreas da cidade. Foi construído em 1926 por uma construtora dinamarquesa, onde foram utilizadas

algumas soluções pré-fabricadas *in situ* de betão, como estacas e pilaretes no perímetro da área do hipódromo (Doniak, 2021).

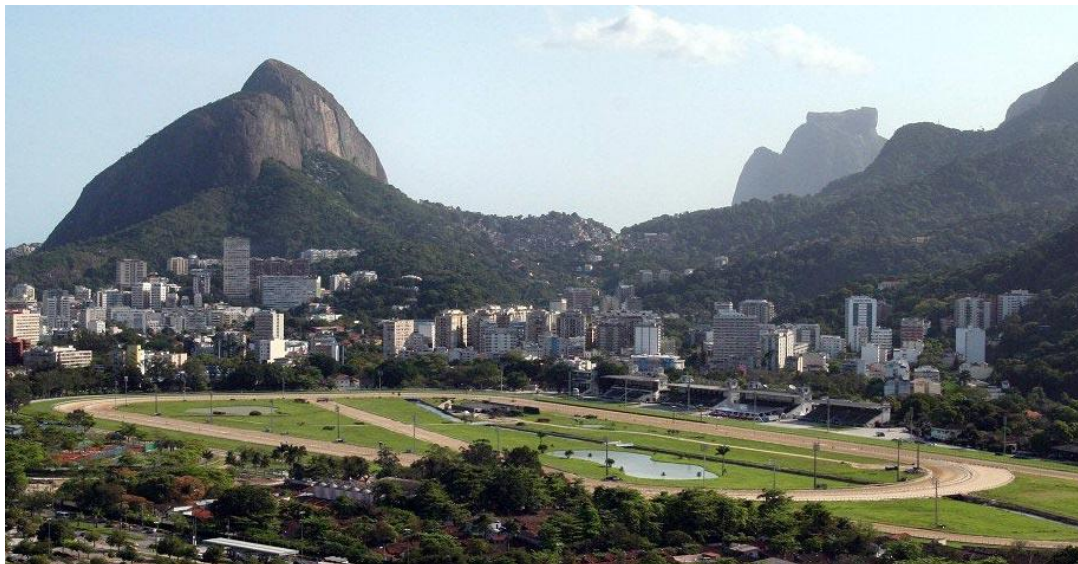


Figura 11: Hipódromo da Gávea

Fonte: Jockey Club Brasileiro (2022)

A primeira obra em edifícios multifamiliares registrada, com utilização de betão pré-fabricado, foi o Conjunto Residencial da Universidade de São Paulo (USP) (Figura 12), constituído por 12 edificações de 12 pisos, estas serviriam de alojamento para os atletas que participariam dos Jogos Panamericanos de São Paulo de 1964. Devido ao prazo apertado para a realização das obras, a empresa licitada optou por utilizar soluções pré-fabricadas de betão. Porém, em virtude do desconhecimento técnico das soluções no Brasil, por ser um processo novo, o fundo gestor da obra optou por permitir a construção de 6 blocos na estrutura pré-fabricada e os outros 6 blocos, no processo tradicional de betão moldado *in situ* (Doniak, 2021).

Num exemplo mais recente, Doniak (2014) relata que as estruturas pré-fabricadas contribuíram de maneira essencial para a conclusão das obras dos estádios para a Copa do Mundo de 2014 dentro do prazo. Utilizadas em quase todos eles, as peças pré-fabricadas foram empregues em diversas fases da obra, da fundação à estrutura, como estacas, pilares, vigas e lajes alveolares. A decisão de utilizar sistemas pré-fabricados de betão, foi tomada tendo em vista o cumprimento do curto prazo restante para entrega dos estádios, sem comprometer a qualidade da construção.



Figura 12: Blocos do CRUSP - Conjunto Residencial da Universidade de São Paulo
Fonte: (Universidade de São Paulo, 2020)

A difusão dos sistemas pré-fabricados no Brasil começa a consolidar-se no fim do século XX, apresentando crescimentos relevantes entre 1998 e 2001, como demonstra o gráfico na Figura 13.

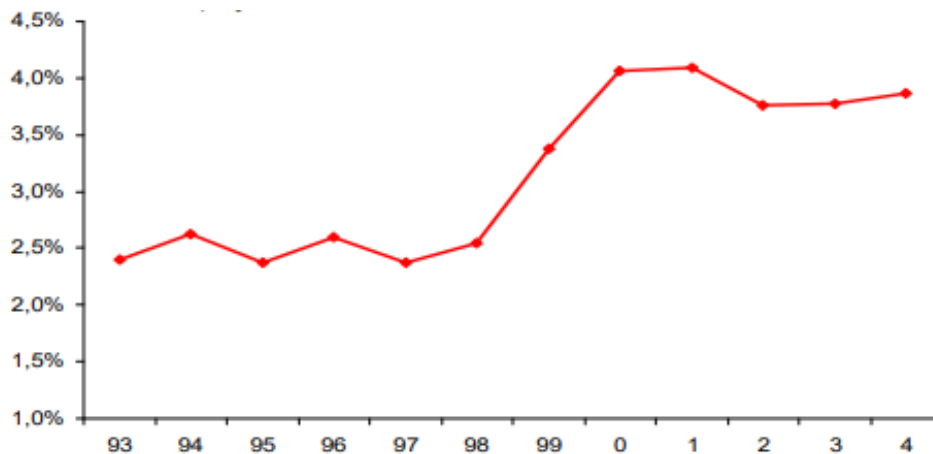


Figura 13: Participação dos pré-fabricados no consumo de cimento, no Brasil
Fonte: ABCIC (2014).

Deste período em diante, a produção de cimento no país cresceu substancialmente até aos primeiros anos da próxima década, atingindo vários valores recordes, ano após ano, com exceção do ano de 2009 (Figura 14).

A produção de cimento, assim como o setor da construção civil brasileiro, esteve no seu melhor momento entre 2010 e 2014. De 2015 em diante, os níveis de produção e o consumo decaíram, junto com o mercado que esteve em baixa, aliado à recessão econômica que o país tem enfrentado nos últimos 7 anos. Os valores podem ser observados na Figura 15.

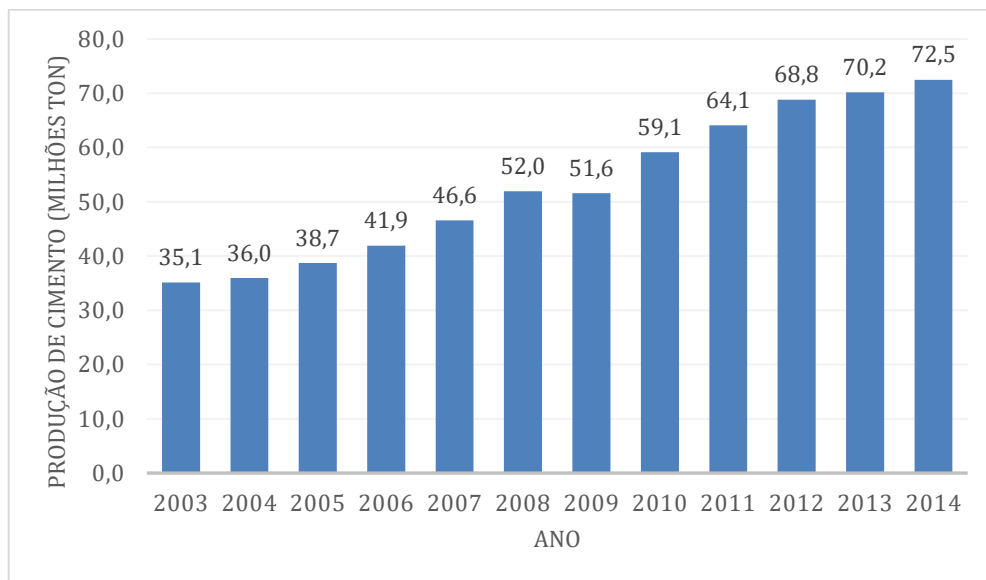


Figura 14: Produção de cimento no Brasil entre 2003 e 2014, em milhões de toneladas

Fonte: Sindicato Nacional da Indústria de Cimento - SNIC (2022)

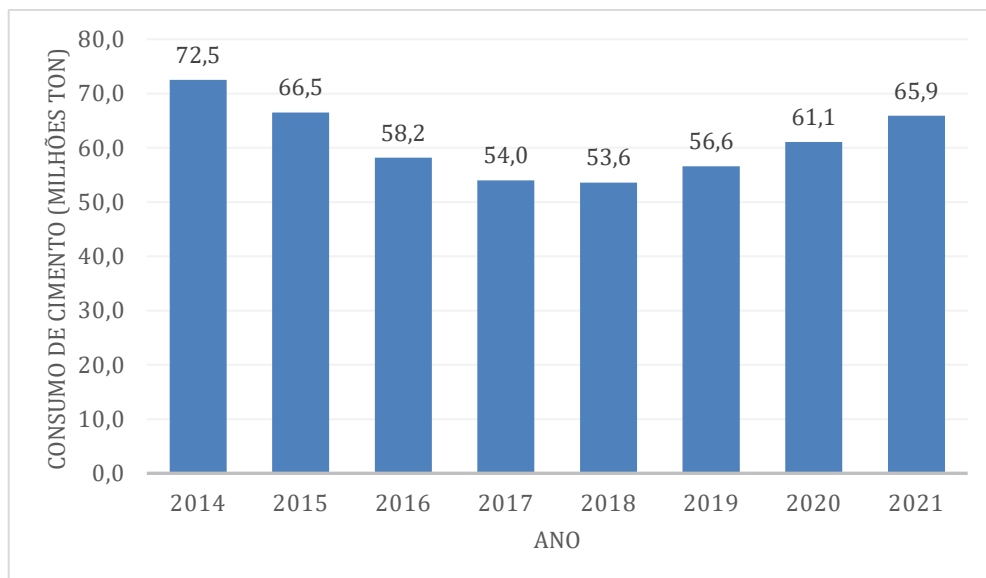


Figura 15: Consumo de Cimento no Brasil entre 2014 e 2021, em milhões de toneladas

Fonte: Sindicato Nacional da Indústria de Cimento - SNIC (2022)

Os valores absolutos da produção voltaram a subir em 2019, junto com o crescimento do mercado da construção civil no país, que apesar do período da pandemia da COVID-19, manteve constância no aumento da produção de cimento. Porém, a estimativa é de que a produção encerre o ano novamente em queda, devido ao período de turbulência econômica no país, marcado por juros altos e inflação elevada, fazendo com que a produção de cimento no 1º semestre de 2022 atingisse apenas 30,8 milhões de toneladas, uma queda de 2,7% em relação ao primeiro semestre do ano anterior (Revista Grandes Construções, 2022).

A turbulência pode ser notada também na distribuição do consumo de cimento para o setor da pré-fabricação *in situ*, que apresentou grandes oscilações neste período de recessão da construção (Figura 16).

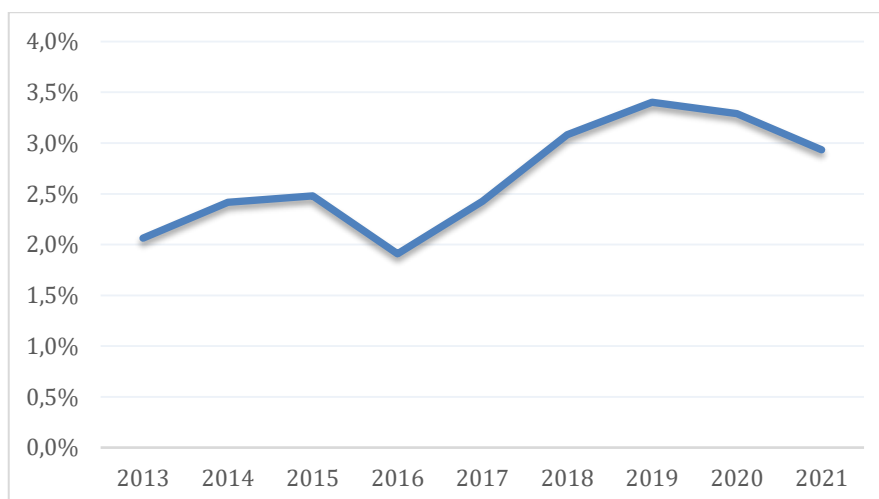


Figura 16: Percentagem de participação dos pré-fabricados no consumo de cimento

Fonte: Sindicato Nacional da Indústria de Cimento - SNIC (2022).

Porém, na prática, esta percentagem de participação tende a ser ligeiramente maior, levando em conta o grande número de empresas de pequeno porte no ramo de pré-fabricados, que realizam a compra da matéria-prima de maneira indireta, ou que realizam a moldagem das suas peças com betão proveniente de betoneiras, por não possuírem um misturador próprio.

3.1.2 Perfil das obras

A vasta extensão territorial do Brasil propicia uma gama dos mais variados ambientes de serviço e construção. O agronegócio, pilar da economia brasileira, é um grande mercado

para a indústria da construção no ramo de pré-fabricados, de maneira a executar obras simples e rápidas de forma eficaz, mesmo em locais distantes.

As obras industriais lideram o *ranking* de participação de tipos de obra em pré-fabricados no Brasil, com grande demanda de pavilhões e armazéns, em sistemas porticados, além das demais edificações que envolvem diversos segmentos da indústria.

Shopping centers e estacionamentos são ótimos exemplos de construções pré-fabricadas em sistema reticulado, amplamente utilizados no intuito de se beneficiar dos grandes vãos possibilitados pela presença de lajes, geralmente pré-esforçadas, sem demasiada interferência de pilares e vigas. Estes empreendimentos também fazem parte do vasto mercado de obras pré-fabricadas brasileiro, onde atingiram 30,1% da participação do destino das vendas, em 2015, entre as empresas associadas da ABCIC (ABCIC, 2016).

Inaugurado em 2014, o Tietê Plaza Shopping, foi eleita a obra do ano, em pré-fabricados, pela ABCIC, com 130.334 m² de área construída em 25 meses de operação (Figura 17 e Figura 18).

Outros exemplos de obras comerciais, com alta demanda no setor de pré-fabricados brasileiro, são os centros de distribuição e logística, além de supermercados e retalhos, que somados, representam 24% da demanda do setor (ABCIC, 2016).



Figura 17: Tietê Plaza Shopping, durante etapa de construção, em sistema reticulado

Fonte: Garbeline (2012)



Figura 18: Tietê Plaza Shopping finalizado

Fonte: (Tessler Engenharia, 2022)

As obras de infraestrutura e outras construções especiais constituem cerca de 15% da procura, estas podem incluir, por exemplo: pontes, passadiços, aeroportos, estações de portagem, centrais elétricas, entre outras (Figura 19).



Figura 19: Construção pré-fabricada de passadiço em rodovia de SP

Fonte: ABCIC (2021).

Fechando o *ranking* da demanda de obras em pré-fabricados no Brasil, ainda há os edifícios comerciais (10%), habitacionais (4,7%) e outros (9%). A construção de edifícios

habitacionais em pré-fabricados, apesar de segura e eficiente, ainda não é muito difundida, sendo um setor amplamente dominado pelas construtoras tradicionais.

3.2 Portugal

O setor da construção português está em processo de recuperação, após períodos em baixa e devido ao abrandamento motivado pela pandemia da COVID-19. Segundo o Instituto Nacional de Estatística – INE (2022), a produção do setor cresceu em 4,3% e 4,0% no ano de 2021 e no primeiro trimestre de 2022, respetivamente, com um aumento de 5,8% no consumo de cimento no ano passado.

Outro fator positivo para a economia do país é o crescimento no número de empregados na construção civil, chegando a 305,4 mil trabalhadores, um aumento de 2,8% em relação a 2020 e a diminuição de desempregados (-15,4%). Isto representa, além de mais trabalhadores gerando fluxo e capital, indícios de crescimento na demanda e operações entre as empresas do setor em Portugal.

3.2.1 Contextualização

Portugal não possui muita tradição e força na área da pré-fabricação, em comparação com a sua antiga colónia. A adoção de soluções pré-fabricadas parte, basicamente, da adaptação de elementos estruturais às peças disponibilizadas pelas empresas fornecedoras, através de catálogos, ou os fabricantes podem produzir sob medida, adaptando a sua produção a uma obra em particular.

Existem aspetos e condicionantes que limitam as aplicações e diminuem a procura em alguns tipos de construções onde a utilização de soluções pré-fabricadas é mais difundida e viabilizada.

A principal limitação é a localização geográfica do país. Situado numa região próxima da junção de três placas tectónicas, a Norte-Americana, a Africana e a Euroasiática (Figura 20), o país luso encontra-se numa zona propensa a riscos de desastres naturais, como terremotos.



Figura 20: Mapa de Placas Tectônicas

Fonte: Sousa (2022)

Os sismos gerados pelo movimento das placas, podem causar grande impacto nas estruturas próximas ao seu epicentro.

As construções de edifícios multifamiliares com sistemas pré-fabricados de betão possuem menor rigidez em comparação com as edificações construídas com utilização de estruturas de betão armado moldado *in situ*. Isto deve-se à maneira como as ligações entre os componentes estruturais são feitas. Desse modo, a utilização de elementos estruturais pré-fabricados em betão, em Portugal, é mais comum em edificações com quantidades reduzidas de pisos ou em zonas de menor risco sísmico.

As construções edificadas com pré-fabricados de betão podem ter a proteção contra sismos, furacões, tornados e incêndios. Porém, para isso, é necessário que as especificações dos elementos sejam bem definidas e dimensionadas na fase de projeto, para maximizar a eficácia dos recursos (Magalhães, 2013).

Segundo a NP EN 1998-1 (Eurocódigo 8, 2010) e a NBR 15421:2006, as estruturas devem ser projetadas e constituídas de forma a resistir à ação sísmica conforme requisitos estabelecidos em cada uma das normativas, ou seja, é necessário realizar verificações de segurança na estrutura quanto à ação sísmica.

Os edifícios pré-fabricados em betão armado, que são geralmente estruturas flexíveis quando comparados com edifícios de betão armado convencionais, apresentam a tendência a

serem mais sensíveis ao movimento do solo a longas distâncias epicentrais (geralmente designados como ação sísmica Tipo 1, de acordo com o Eurocódigo 8).

Os estudos efetuados ao longo dos anos possibilitaram a definição de zonas sísmicas, para todo o território (Figura 21). O Eurocódigo 8 divide Portugal em diversas zonas a serem consideradas no projeto, com variações sísmicas do tipo 1 (afastado) ou tipo 2 (próximo).

O desempenho sísmico de estruturas pré-fabricadas é amplamente regido pelo comportamento dos elementos que garantem a ligação entre os elementos estruturais e entre estes e os elementos não estruturais (Batalha *et al.*, 2020). Além da consideração aos estados limites últimos, são considerados os estados limites de serviço ou limitação de danos. Os estados de limitação de danos têm como valores característicos pelo Eurocódigo 8 (2010) uma probabilidade de excedência de 10% em 10 anos, representando um período de retorno de 95 anos.

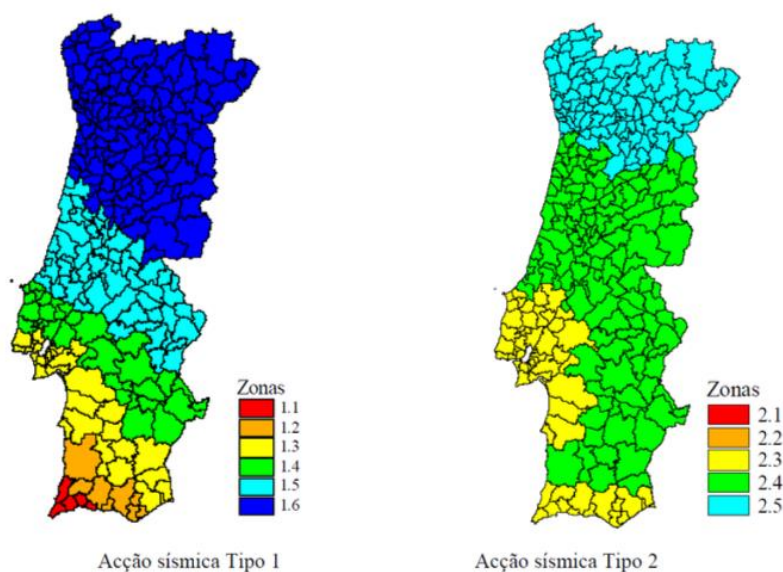


Figura 21: Zoneamento sísmico em Portugal

Fonte: NP EN 1998-1 (2010)

Algumas outras condicionantes que dificultam o processo de difusão da aplicação de estruturas pré-fabricadas de betão, em Portugal, segundo Costa (2013), são:

- Falta de informação sobre os sistemas pré-fabricados disponibilizada aos intervenientes na construção, nomeadamente por parte dos fabricantes de elementos pré-fabricados;

- Pouca formação no ensino superior sobre pré-fabricação e consequente desconhecimento a nível técnico;
- Falta de legislação aplicável à pré-fabricação;
- Falta de conhecimento e pouca importância dada em fase de projeto ao comportamento dos componentes e ligações;
- Critério de escolha de soluções construtivas frequentemente baseado essencialmente no preço.

Em contrapartida, existem fatores que são favoráveis ao emprego das construções pré-fabricadas de betão. Um exemplo é a extensão territorial de Portugal. A pré-fabricação está totalmente vinculada à logística, devido ao deslocamento existente entre o estaleiro fabril e o estaleiro de obras, sendo assim, as distâncias relativamente curtas dentro do território de Portugal são facilitadoras para o uso da pré-fabricação no país, comparadas com o Brasil.

A frequente ocorrência de incêndios florestais em Portugal também é um fator que favorece a utilização de estruturas pré-fabricadas de betão no país. As estruturas pré-fabricadas de betão possuem propriedades resistentes ao fogo e de retardamento de chamas, devido ao betão ser um material incombustível. Por serem produzidas em processos fabris, também é possível haver melhor controle de qualidade na incorporação de medidas específicas na proteção ao fogo, como aditivos retardadores de chamas.

No continente europeu, a construção pré-fabricada concentra maior força, além da tradição nos países nórdicos e territórios setentrionais, devido ao inverno rigoroso e às temperaturas baixas em grande parte do ano, que favorecem a utilização de práticas construtivas ágeis e com maior rapidez.

A indústria da pré-fabricação na União Europeia gerou um volume de negócios de aproximadamente 35300 milhões de euros, no ano de 2005, sendo que Portugal representou apenas 1,5% do volume desta receita, demonstrando pouca expressão em relação às demais nações aliadas (ANIPB, 2008).

O consumo de cimento em Portugal sofreu grandes quedas desde o início do século, com destaque para a recessão de 2003, ano que ocorreu um decréscimo no investimento em obras públicas e privadas, e de 2009, um ano de crise económica em Portugal. Estes dados são representados na Figura 22.

O índice de vendas de cimento representa uma desaceleração da economia no setor da construção. Apesar da grande queda, os valores voltaram a crescer, timidamente, no ano de 2017, mantendo o leve ritmo de crescimento para os anos seguintes, até ao presente momento.

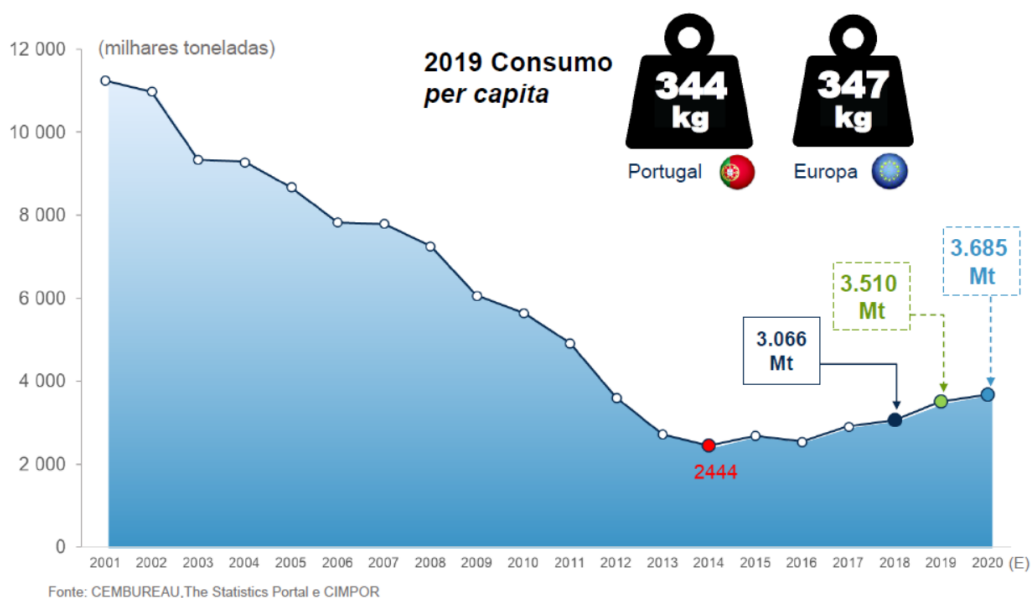


Figura 22: Evolução do consumo de cimento em Portugal

Fonte: CIMPOR (2021)

Segundo a ANIPB (2008) os principais pontos fracos do setor da construção em Portugal, são:

- Sobredimensionamento da oferta;
- Forte rivalidade entre os operadores;
- Fragmentação do mercado (muitas empresas de pequeno porte);
- Mão-de-obra desqualificada;
- Burocracia pública.

Existe a perspectiva de que o setor da construção continue a crescer e que seja impulsionado pela adesão de novas tecnologias, como uma maior frequência de uso em construções pré-fabricadas e implementação da metodologia BIM no mercado nacional, como alternativas para abater o aumento dos preços das matérias-primas da construção e o cumprimento de prazos estabelecidos em contratos das construções.

3.2.2 Perfil das Obras

As aplicações das estruturas pré-fabricadas em Portugal em edifícios não se desenvolveram muito além das construções industriais e outras variações de sistemas porticados simples, usadas em hipermercados e outras instalações de retalho.

Ainda há outros casos frequentes de aplicação de soluções fabricadas em obras de infraestruturas. Porém, na sua maior parte, não são estruturas inteiramente planeadas com sistemas pré-fabricados de betão, mas sim, com algumas peças e soluções aplicadas em partes específicas da construção.

Um exemplo de grande porte e conhecido por muitos portugueses e estrangeiros que visitam a cidade do Porto, é o Estádio do Dragão, casa do Futebol Clube do Porto (Figura 23). Foram utilizadas soluções pré-fabricadas em diversas etapas construtivas do estádio, concluído em 2003.



Figura 23: Estádio do Dragão, em construção

Fonte: (Record, 2021)

Nele, foram aplicadas mais de 100 mil metros quadrados de pré-lajes e 25 mil metros lineares de elementos de bancada pré-fabricados. A segurança quanto à ação sísmica e à ação do vento (forças horizontais) é assegurada pelas lajes dos pisos e por conectores ligados nas bancadas pré-fabricadas dois a dois, após a sua colocação sobre as vigas. O pavimento consiste em lajes maciças integrando painéis pré-fabricados pré-esforçados, de espessura reduzida. As

zonas dos vomitórios e as bancadas também são constituídas de elementos pré-fabricados de betão, tendo-se conseguido viabilizar soluções mesmo com os 46 degraus possuindo alturas distintas, conseguindo separá-las em apenas 6 grupos de famílias diferentes para repetições (Campos e Matos *et al.*, 2003).

As soluções pré-fabricadas para o estádio foram escolhidas devido ao prazo reduzido para construção do estádio, dentre outras condicionantes. Desde o início da fase de conceção e projeto, já estava planeada a sua utilização, desta forma, a construção foi projetada pensando de maneira a realizar o máximo possível de repetições nas estruturas, para produção em larga escala dos componentes estruturais (Campos e Matos *et al.*, 2003).

Um mercado crescente em Portugal e noutros países europeus é o da construção de casas modulares pré-fabricadas (Figura 24). A SIT Modular Solutions utiliza uma metodologia construtiva baseada em módulos tridimensionais com betão armado, com acabamentos já definidos na fase de conceção e elaborados industrialmente. As ligações de eletricidade, água, drenagem e abastecimento são incorporadas no local, na entrega do módulo.



Figura 24: Casa modular pré-fabricada

Fonte: (Sit Modular Solutions, 2014)

Esta metodologia construtiva costuma ser empregada em países mais frios, como Finlândia, Suécia, Alemanha e Reino Unido, devido ao curto prazo de execução das obras, sendo uma forma rápida e económica e popular para os cidadãos com o desejo de adquirir a sua casa própria.

4. ESTUDO DE CASO

Este estudo de caso baseia-se na coleta de dados obtida de responsáveis técnicos da empresa selecionada para este estudo (denominar-se-á empresa Alfa), juntamente com as informações extraídas da pesquisa bibliográfica apresentada no capítulo 2, a fim de se compreender o processo de implementação da metodologia BIM na atuação, projeto, planejamento, produção, execução e logística da empresa.

Como a pesquisa tem como objetivo constatar as potencialidades, os desafios e as limitações associados à implementação da metodologia BIM, foi necessário selecionar a empresa levando em consideração as seguintes questões: o ramo de atuação, a dimensão da empresa e a representatividade no setor.

A seleção da empresa deu-se por meio da proximidade do pesquisador com alguns dos responsáveis técnicos do setor de engenharia na empresa e com ex-colegas de formação acadêmica. E, também por ser uma referência no mercado de pré-fabricados, numa região de economia aquecida e bastante movimentada neste setor, no atual e recente período.

4.1 Descrição da Empresa

A empresa em estudo foi fundada em 1993 no interior do estado do Paraná, região Sul do Brasil, por dois sócios engenheiros (um civil, o outro eletricitista) recém-graduados.

Inicialmente, a ideia da empresa era realizar obras para o setor público, mas a alta e desleal concorrência, com preços desfavoráveis acabaram alterando o seu rumo. As primeiras obras atendidas pela construtora foram edifícios residenciais e comerciais, de pequeno e médio porte, construídos no estilo convencional, sem a utilização de peças pré-fabricadas de betão.

Em 2001, numa nova oportunidade de negócios, a empresa começou a executar obras para o setor do agronegócio, em parceria com uma cooperativa agroindustrial da região, sendo da sua responsabilidade a execução de armazéns e pavilhões industriais. Também se firmou uma parceria com a empresa “Beta”, uma firma vizinha, especializada em construções metálicas, que realizava algumas das etapas das obras com construções metálicas previstas nos projetos, como coberturas e silos de armazenamento.

Após resultados satisfatórios, frutos desta parceria com a cooperativa local, um vendedor da empresa Beta, também começou a realizar vendas e a fechar negócios para a empresa Alfa, quando em 2004 surgiu a primeira oportunidade de executar uma obra no estado do Mato Grosso, a cerca de 2000 quilômetros da sede da construtora. Uma outra obra agroindustrial, mesmo longe da sua sede, foi uma oportunidade de aumentar a visibilidade e crescimento da empresa para o setor privado, num período escasso do setor da construção civil, naquela época.

A conclusão desse empreendimento, apesar das dificuldades, trouxe resultados satisfatórios para a construtora, que graças ao seu comprometimento e entrega de obras com qualidade, conseguiu fechar mais obras para o setor, nesta região distante, continuando a parceria com a empresa Beta, que persiste até hoje, mas que ocorreu de forma exclusiva até 2009.

O modo de operação da empresa persistiu realizando obras no estado do Mato Grosso, para o agronegócio, em paralelo com empreendimentos residenciais e comerciais no interior do estado do Paraná, até que, em 2015, o último empreendimento em andamento na cidade natal foi concluído, junto com as atividades de execução de obra na região. A partir daí começou a focar-se intensivamente no setor da execução de obras para o agronegócio no Centro-Oeste brasileiro, e desde então não realizou mais obras na região Sul do país. Em 2017, a empresa transferiu oficialmente a sua sede para o estado do Mato Grosso, com um novo escritório e um estaleiro, onde opera até hoje.

Atualmente, a empresa voltou a executar obras urbanas, como edifícios e condomínios na nova região onde está instalada, mas o foco e a maior demanda continuam sendo nas instalações industriais, pavilhões e armazéns para o agronegócio.

O número de trabalhadores atuando pela empresa é variável, podendo flutuar entre 100 e 400 empregados no total, de acordo com a demanda de obras e o estado do mercado no momento. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) costumam classificar os tipos de porte de empresa, utilizando como critério o número de funcionários. Essa classificação leva em consideração o tipo de atividade desenvolvida pelas empresas (Indústria, Comércio e Serviços). A Tabela 1 é utilizada tanto pelo IBGE quanto pelo SEBRAE. Segundo essa classificação, considera-se a empresa Alfa com o porte de Média empresa.

Tabela 1: Definição do porte de estabelecimentos segundo o número de empregados

Fonte: SEBRAE (2013)

Porte da empresa	Indústria	Comércio e Serviços
Microempresa	Até 19 empregados	Até 9 empregados
Pequena empresa	De 20 a 99 empregados	De 10 a 49 empregados
Média empresa	De 100 a 499 empregados	De 50 a 99 empregados
Grande empresa	500 ou mais empregados	100 ou mais empregados

4.1.1 Início da Utilização de Pré-Fabricados *in situ* e de Pré-Fabricados industriais

A primeira obra realizada no estado do Mato Grosso, também foi a primeira em que a construtora utilizou soluções de betão pré-fabricadas *in situ*, incluindo pilares e utilizando cofragens metálicas recém-compradas e transportadas para o estaleiro de obras.

Este primeiro empreendimento utilizando parcialmente elementos pré-fabricados *in situ* de betão é considerado hoje, por um dos seus sócios fundadores, um dos maiores desafios enfrentados pela empresa, devido ao grande desconhecimento por parte dos envolvidos na utilização destes sistemas pré-fabricados. Esse desconhecimento inicial, associado às dificuldades de realizar uma obra num local afastado, não apenas da sua sede, mas também de centros urbanos na região, por ser uma obra em ambiente rural, e outras demais condicionantes como falta de equipamentos e técnicas de montagem foram dificuldades que tiveram de ser enfrentadas nos primeiros períodos.

Com a obra finalizada, a utilização das soluções de betão pré-fabricadas *in situ* (Figura 25) persistiria para os empreendimentos seguintes e foram sendo aperfeiçoadas ao longo do tempo através da prática e do conhecimento adquirido com outros profissionais especializados. A técnica construtiva apresentou bons resultados e impactos na empresa, que optou por continuar a investir nesta técnica construtiva para as obras deste setor.

Quando ocorreu a mudança da sede oficial para o Mato Grosso, a empresa iniciou o processo de transição da utilização de sistemas pré-fabricado *in situ* para a produção de elementos pré-fabricados industriais de betão, num pequeno estaleiro montado junto ao sítio do novo escritório. Essa mudança visava aumentar a qualidade de planeamento e o controle da produção para as futuras obras que viriam a ser realizadas.



Figura 25: Contraforte pré-moldado *in situ*

Fonte: Arquivos empresa Alfa

Esta transição deu-se após fechar negócio para construir um pavilhão para um cliente, quando a empresa buscou uma consultoria com um especialista de São Paulo para ajudar neste processo de melhoria da produção e industrialização dos elementos pré-fabricados.

4.1.2 Adaptação à Produção de Peças fora do Padrão

Em 2018, com a industrialização dos sistemas pré-fabricados de betão já estabilizada, a empresa iniciou um novo desafio, ao fechar a maior obra que iria realizar até à data, contratada por uma multinacional. Esta consistia em construir instalações semelhantes às que já fazia para a maioria das obras do agronegócio, como armazéns, casas de máquinas, pavilhões e bases para silos, mas desta vez também incluía projetar e construir bases pré-fabricadas para dornas de uma destilaria de etanol.

Por serem elementos estruturais fora do padrão de produção da fábrica, a empresa teve de se adaptar a estas condições para a produção destas peças. Foi quando começou a utilizar cofragens de madeirite na fábrica, que por serem maleáveis, permitem a moldagem de diferentes dimensões e configurações para as peças de betão. Esta técnica obrigou à criação de um novo setor dentro da fábrica apenas para uma equipa de marcenaria, responsável pela produção e manuseio destas cofragens, que somam 100 metros de comprimento na pista de produção.

Numa outra obra concluída em 2022 para a mesma multinacional, desta vez num município mais distante do que o comum, a distância inviabilizava o transporte dos elementos pré-fabricados produzidos em fábrica. Assim, foi necessário desenvolver um estaleiro provisório dentro do estaleiro da obra para a produção dos pré-fabricados. Apesar de serem produzidos *in situ*, o termo *in situ* não se aplicava, neste caso, pois as instalações provisórias tinham condições e equipamentos para produzir as peças com controle e qualidade suficientes para serem caracterizadas como pré-fabricados industriais.

4.1.3 Produção dos Elementos Pré-fabricados

Diferente de muitas empresas de pré-fabricação portuguesas, a empresa Alfa não oferece catálogo das suas peças para vendas, toda a sua produção é sob demanda. Isso se deve ao facto de a pré-fabricação no Brasil ser mais abrangente, com possibilidades de utilizar o método construtivo para diferentes tipos de obra. Em Portugal, como a gama da construção de obras com pré-fabricados de betão é mais limitada, também é mais comum as empresas oferecerem catálogos com as peças que produzem para que as demais construtoras possam utilizar estas soluções pré-fabricadas nos seus projetos e execuções.

A empresa Alfa produz praticamente todas as suas peças para suprir a sua própria demanda de execução de obras. Em alguns casos menos frequentes, pode ser realizada a venda à parte de alguns elementos produzidos sob demanda para outras construtoras, sendo em sua maioria, lajes alveolares pré-esforçadas (Figura 26).



Figura 26: Lajes alveolares pré-esforçadas

Fonte: Arquivos empresa Alfa

4.2 Metodologia

Após a definição da empresa, as informações e dados recolhidos para o desenvolvimento deste trabalho foram obtidos através de entrevistas, encontros e conversas com membros de diferentes setores da empresa. Também foram acessados arquivos e materiais por esta disponibilizados para entender a sua experiência desde o início do processo de adoção do BIM, do estado atual do processo e dos próximos passos a dar pela empresa. Também vieram a ser utilizadas, ao longo do trabalho, informações obtidas em conversas informais, em troca de mensagens ou por e-mail.

As entrevistas e encontros podem ser entendidos como uma forma direta e eficaz na obtenção de informações, visto que o contato direto entre o responsável técnico e o pesquisador auxilia na confiabilidade da troca de informações, adequando-se ao foco da pesquisa. Assim, pode vir a ser possível transmitir um conteúdo de qualidade, direcionado e condizente com as eventuais necessidades do pesquisador e da empresa participante.

A pesquisa bibliográfica adicionada às informações coletadas junto aos responsáveis da empresa, possibilitaram a elaboração de um diagnóstico do processo de implementação do BIM na empresa. Esse diagnóstico identificou os benefícios, as dificuldades no processo, a estratégia adotada e os procedimentos de adaptação e de transição, o impacto no cotidiano dos trabalhadores e dos responsáveis técnicos dos diferentes setores e a satisfação dos clientes, segundo o método qualitativo. Ainda, foi verificada a reação dos profissionais em relação à mudança que o BIM representa para o processo de trabalho.

A coleta de informação a partir de quem na prática executa esta transição para o BIM, propicia um enriquecimento do trabalho, reunindo dados não conhecidos por via bibliográfica, junto da consulta de opiniões técnicas a respeito dos processos abordados no estudo bibliográfico que não estão inseridos no planeamento da empresa.

Para se obter o máximo de informações, foi elaborado um conjunto de perguntas (disponíveis para consulta no Apêndice 1) sobre os diversos temas discutidos no capítulo 2 e que estão relacionados com a temática da empresa. Estas perguntas foram selecionadas e direcionadas para cada entrevistado de acordo com a sua função e atividade dentro da empresa.

Para tal, realizaram-se entrevistas por videoconferência, com os responsáveis de diferentes setores de operação da empresa, a fim de entender o que mudou em suas respetivas

atuações, qual o processo de transição para aplicação e utilização da metodologia BIM, quais os seus impactos no fluxo de trabalho e quais as expectativas para o futuro da empresa com estas novas tecnologias. As entrevistas foram realizadas com um dos dois sócios proprietários e com um representante de três coordenadorias do setor de engenharia.

Cada entrevistado respondeu às perguntas que foram direcionadas diferentemente para cada um, de acordo com a sua área de atuação, onde descreveu, principalmente, como se deu a introdução das tecnologias BIM no seu setor, qual o impacto dessa transição para o seu trabalho e para a empresa, comentando os benefícios e as dificuldades encontradas no processo.

Na Figura 27 é representado um fluxograma com a metodologia do trabalho sistematizada, representando o passo-a-passo da elaboração da pesquisa.

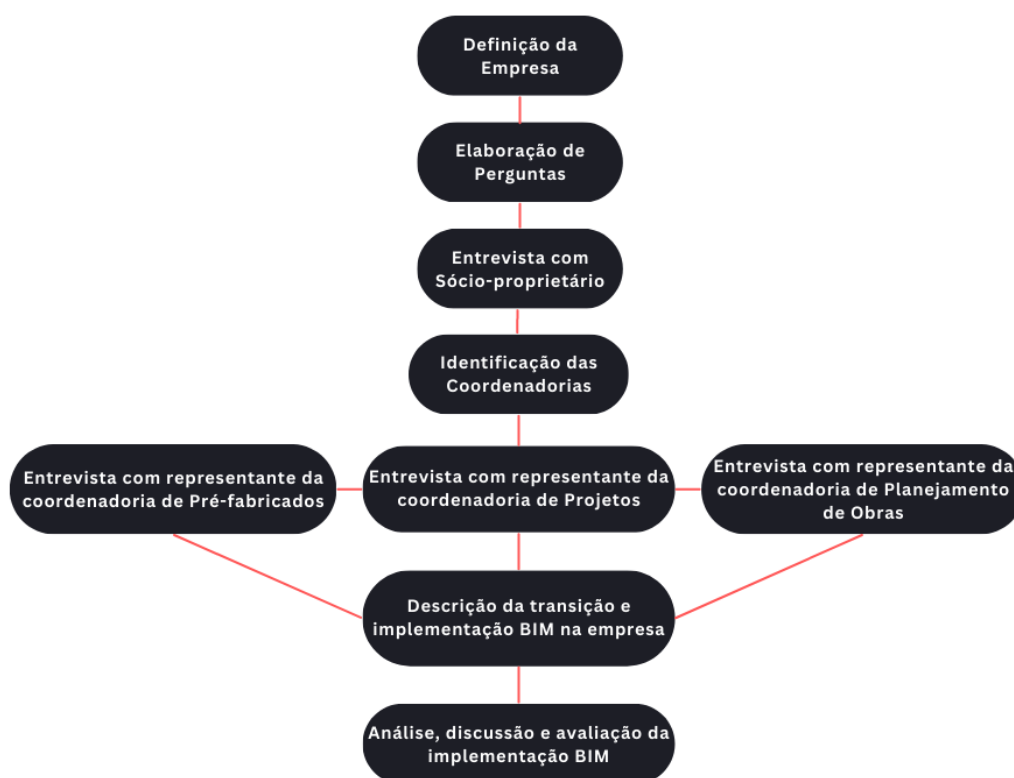


Figura 27: Fluxograma da metodologia do trabalho

Também foi avaliado o nível de maturidade BIM da empresa e a preparação efetuada para adotar o BIM ou outras metodologias. Foram identificados os procedimentos de adoção da metodologia BIM que condizem ou contradizem as sugestões propostas na bibliografia técnica

e, em seguida, foram analisados os pontos fortes e os fracos nesse processo, identificando o comportamento, o ponto de vista, os erros e as oportunidades.

4.3 Modo e Fluxo de Operação na Empresa Alfa

A empresa divide o setor da engenharia em 4 coordenações: de pré-fabricados, de projetos/cálculo, de orçamentos e de planejamento de obras, representadas na Figura 28. Por sua vez, estas coordenações subdividem-se em diversas atividades que, juntas, definem e movimentam todo o processo de planejamento e controle da engenharia. Ainda existem outras divisões e coordenadoras de outros setores, como comercial, administrativo, contadores, recursos humanos, materiais e oficina da fábrica.

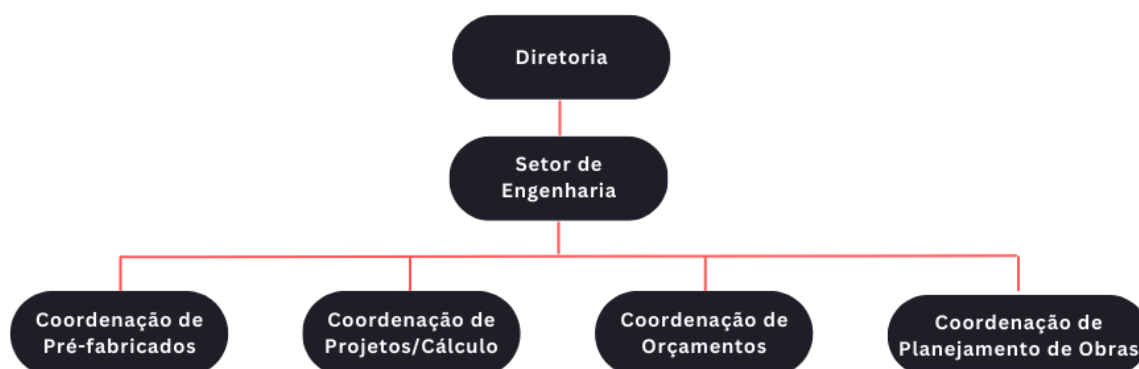


Figura 28: Organograma de engenharia da empresa Alfa

Para entender melhor o funcionamento e modo de operação da empresa, será realizada uma descrição ordenada do seu fluxo de trabalho, a fim de entender os principais processos de trabalho que a implementação do BIM possa ter modificado.

i. Venda e Orçamento

Após iniciar a negociação da execução do empreendimento, uma equipa realiza, em paralelo, o orçamento da construção do empreendimento para aprovação. Com este orçamento aprovado pela equipa administrativa e pelo cliente, este é comunicado à equipa de projeto.

A empresa desenvolve e executa apenas projetos estruturais (cálculo, desenho e pormenorização), os demais que forem necessários, são solicitados às empresas subcontratadas, dependendo do tipo de obra. Quando a demanda está alta, os projetos estruturais podem vir a ser, também, subcontratados.

Antes de iniciar o projeto, é necessário definir a prioridade e urgência dentro da demanda atual da empresa. Se há urgência e necessidade de uma execução o mais breve possível e a demanda da empresa estiver alta, este projeto será encaminhado para uma empresa subcontratada para a sua elaboração. Caso haja disponibilidade dentro da empresa, ou o empreendimento não tenha grande urgência para ser construído, a própria empresa irá realizar o projeto da estrutura.

ii. Projeto

Quando a empresa Alfa é responsável por realizar o projeto da obra, tem de elaborar a memória descritiva e justificativa do projeto (cálculos) e as peças desenhadas que incluem desenhos de pormenor, que são analisados separadamente. Após a verificação da segurança da estrutura através do modelo de cálculo, as informações contidas são transmitidas para a preparação das peças desenhadas, onde são feitos os pormenores 2D em CAD.

As peças desenhadas finais podem ser enviadas para as demais equipas de execução da obra e para o cliente, de acordo com a necessidade. Caso o cliente queira realizar a implantação da obra, esta já pode ser expedida para marcação do terreno, blocos e estacas.

iii. Planeamento e Controle de Produção

Conforme a pormenorização das peças pré-fabricadas forem finalizando, estas são enviadas para a equipa de PCP – Planeamento e Controle de Produção, que coordenará a produção, armazenamento e logística das peças, organizando a ordem e prioridade de produção, toda a gestão da fábrica e o transporte destas peças, em articulação com a equipa executiva.

iv. Execução

A etapa de execução é iniciada de acordo com as informações transmitidas pela equipa de PCP, após definição da prioridade de execução da obra. Com o início da produção e armazenamento das peças, podem estas, em qualquer altura, ser transportadas para o estaleiro de obras após a autorização do início da execução da obra.

Na Figura 29 representa-se o fluxograma com as informações do fluxo de trabalho e operação, para um melhor entendimento.

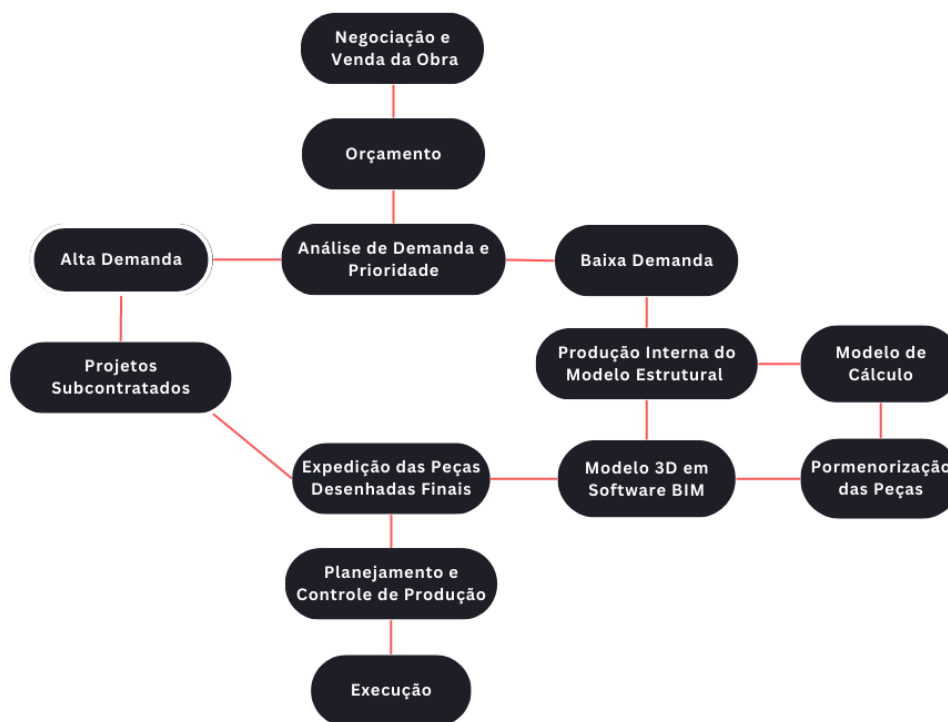


Figura 29: Fluxograma Operacional da Empresa Alfa

Com as etapas do processo de operação definidas, vai-se descrever, com base nas respostas dos entrevistados, quais as principais motivações para a implementação do BIM, como esta se iniciou e quais as alterações e o impacto em cada setor, resultantes da implementação desta metodologia de trabalho.

4.4 Transição e Implementação do BIM

O início da implantação do BIM dentro da empresa Alfa foi motivada por uma série de condicionantes encontradas ao longo do processo de trabalho da empresa, como a necessidade de adequar-se às novas tecnologias disponíveis no mercado. Dentre estes condicionantes, estão: melhorar os processos e a integração entre o projeto, a fabricação e a obra e, ainda, aumentar a qualidade de pormenorização, de informação e da visualização no projeto de sistemas pré-fabricados.

A primeira ideia em relação à implementação do BIM na empresa, consistia em realizar modelações 3D mais detalhadas do projeto de peças pré-fabricadas, visando atingir uma melhor aparência e pormenorização dos projetos, a fim de reduzir o número de erros no projeto, na produção das peças e na execução das obras com sistemas pré-fabricados de betão.

Os representantes da empresa reiteram que a implementação do BIM na empresa foi uma iniciativa tomada internamente, motivada exclusivamente por interesse próprio em adequar-se às novas tecnologias existentes no mercado e propor melhorias dentro da empresa.

O facto de a pré-fabricação consistir num processo industrializado com um grande controle de qualidade e pormenorização, requer um planeamento minucioso, reduzindo ao máximo o número de erros, para evitar problemas construtivos posteriores e perdas por trabalhos adicionais.

4.4.1 Atribuição de Cargo e Objetivos

Para avaliar e viabilizar a implementação da tecnologia BIM, o engenheiro coordenador de projetos e cálculo da empresa ficou encarregado de coordenar a atividade e utilização do BIM dentro da empresa, tendo sido nomeado Coordenador Geral BIM. A seleção deste engenheiro deveu-se ao facto de ele já estar familiarizado com a metodologia BIM, por ter desenvolvido competências e conhecer alguns dos *softwares* que operam em BIM durante o seu emprego anterior, como projetista numa empresa especializada em projetos, antes de ingressar na empresa objeto deste estudo.

Foram traçadas metas e definidas as responsabilidades para este Coordenador em razão dos objetivos que se pretendia alcançar e a definição dos próximos passos da empresa, nomeadamente:

- i. Aquisição do conhecimento geral sobre a metodologia BIM no mercado da pré-fabricação

O Coordenador Geral BIM estava familiarizado com os conceitos da metodologia, apesar de nunca ter aplicado o BIM diretamente no projeto de pré-fabricados de betão. Dessa forma, o conhecimento da metodologia não foi um problema, mas foi necessário encontrar aplicações para a pré-fabricação.

Não foram realizadas consultorias oficiais, nem contratações de serviços externos à empresa para esta adaptação. O início partiu da necessidade da empresa de aprimorar e crescer dentro dos seus próprios serviços. Assim, o responsável foi levantar mais informações, para a viabilidade da implementação, em estudos bibliográficos e conversas informais com outros empreendedores e conhecidos do setor.

ii. Vantagens que a metodologia poderia trazer para a empresa a médio e longo prazo

São várias as motivações que podem vir a influenciar a implementação do BIM numa empresa, desse modo, foram elencadas as que mais condiziam com os problemas enfrentados e com as soluções almejadas pela empresa:

- Aumentar a confiança dos envolvidos no projeto e execução;
- Reduzir os erros de projeto e as perdas por trabalhos adicionais na produção e execução das peças pré-fabricadas;
- Agilizar o planeamento, controle de produção e faseamento de execução das obras;
- Aumentar a rentabilidade dos empreendimentos;
- Viabilizar a construção de obras mais complexas, sem perder a qualidade;
- Trabalhar com intervenientes externos, em tempo real, nos modelos através da interoperabilidade BIM;
- Melhorar a visibilidade e apresentação dos projetos, satisfazendo o cliente.

iii. Seleção de um *software* BIM que melhor se adapte às necessidades da empresa

O responsável reuniu informações sobre os *softwares* disponíveis no mercado, para selecionar aquele que melhor cumprisse com os objetivos e que apresentasse benefícios reais dentro dos serviços que a empresa realiza.

Para isso, foi necessário encontrar um *software* que realizasse modelos 3D de projetos estruturais capaz de trabalhar com sistemas pré-fabricados de betão, visto que este é o único tipo de projeto que a empresa produz em seu escritório.

Após examinar os *softwares* disponíveis, dois deles apresentavam requisitos que atendiam às necessidades do projeto estrutural e da pormenorização dos sistemas pré-fabricados de betão, foram eles: o Tekla Structures, e o Allplan Precast.

Para tomar uma decisão de qual deles poderia vir a ser o *software* BIM a adquirir pela empresa, o coordenador BIM conversou com outros empresários e projetistas do ramo de pré-fabricados, ouvindo as suas opiniões e preferências a respeito.

Por fim, foi tomada a decisão de que o Tekla Structures seria a melhor opção dentro das necessidades da empresa. O principal argumento foi de que o Tekla também trabalha com estruturas metálicas, que a empresa produz e executa além dos pré-fabricados de betão, desde que não haja alta complexidade e com algumas limitações. Por sua vez, o Allplan, não foi escolhido por haver reclamações de alguns colegas de profissão portadores da licença do *software* e por este não ser tão disseminado no Brasil.

iv. Análise da viabilidade da implementação e aquisição do *software* dentro do orçamento e necessidade da empresa

Com a decisão do *software* tomada, foi solicitada uma demonstração do programa à empresa que o desenvolveu, para verificar, na prática, as utilidades e dificuldades em aprender e implantar o *software* nos processos da empresa.

Após verificar que, a interface e o uso do *software*, não era tão difícil, e até intuitivo em alguns momentos, com um suporte eficiente por parte da *software house*, a empresa optou por comprar apenas uma licença do Tekla Structures, em 2022, e, por enquanto, mostrou-se ser suficiente para a demanda atual da empresa.

Os equipamentos e *hardware* existentes na empresa ainda são recentes e suficientes para cumprir os requisitos recomendados para a utilização do programa, portanto, os gastos com o *upgrade* de *hardwares* não foi uma das condicionantes do processo.

v. Capacitação dos funcionários para operar com o *software* escolhido

Após verificar os cursos e formações práticas disponíveis no mercado, o coordenador BIM decidiu que não seria necessário adquirir alguma formação inicial, deixando que os utilizadores adquirissem o conhecimento do *software* por conta própria, pois o suporte oferecido pela *software house* mostrou-se eficiente em vários aspetos.

Em casos específicos, onde foram encontradas dificuldades que não seriam solucionadas com os colegas de trabalho ou com o suporte técnico, foi necessário encontrar uma ajuda profissional. Essa ajuda não seria através da compra de cursos, mas sim, através de uma consultoria específica, com projetistas de empresas parceiras, diretamente sobre a dificuldade que estava sendo enfrentada.

O coordenador BIM relatou ter observado alguns dos cursos/formações comercializados por terceiros como distantes das necessidades da empresa, pois de maneira geral, essas formações oferecem uma aprendizagem específica em aspectos que não são relevantes para a atividade da empresa.

4.4.2 Empresa Parceira Gestora BIM

Algumas obras da empresa Alfa, geralmente as comerciais e residenciais, onde há maiores níveis de pormenorização (dos projetos, das peças e dos encaixes) conduzem ao desenvolvimento de modelos BIM mais evoluídos. Nesse âmbito, foi fechada uma parceria com uma outra empresa para realizar a produção e a gestão dos demais projetos e, conseqüentemente, ficar encarregada das etapas de gestão e de conclusão das obras.

Essa segregação das frentes de trabalho e do projeto, só é possível de ser feita com grande precisão graças ao processo colaborativo do BIM e à sua interoperabilidade, conseguida através dos arquivos em formato aberto IFC (*Industry Foundation Classes*).

Ao finalizar o projeto estrutural no Tekla Structures, o modelo do projeto é compartilhado com essa empresa parceira, que irá unificá-lo no modelo BIM com os demais projetos das especialidades de arquitetura, de abastecimento e drenagem de águas, de eletricidade e telecomunicações, para fazer toda a gestão do empreendimento. Dessa maneira é possível extrair todas as quantidades de materiais, produtos e sistemas necessários à execução da obra, a fim de obter o respectivo orçamento, de proceder à sua aquisição e de efetuar a preparação da obra com a organização dos cronogramas de trabalho, entre outras potencialidades.

Esta gestão com todos os projetos unificados num edifício comercial ou residencial, permite um avanço, da empresa encarregada, de trabalhar com dimensões BIM mais elevadas, envolvendo cronogramas, estimativas, sustentabilidade, gestão e segurança, podendo atingir níveis até BIM 8D.

Apesar da empresa Alfa estar limitada a projeto e execução das estruturas, isto não a impede de evoluir o seu nível de maturidade BIM. Colaborar com empresas que realizam a gestão de edificações utilizando a interoperabilidade BIM é uma oportunidade e um grande diferencial na evolução e aprimoramento da metodologia e das técnicas construtivas na região, possibilitando o crescimento no nível de maturidade BIM de todos os envolvidos, estabelecendo uma relação favorável para todas as partes.

No momento, a gestão do BIM está mais concentrada em empreendimentos comerciais e residenciais, pois são os mais suscetíveis e os que possuem mais aplicações do BIM neste mercado. As obras mais solicitadas à empresa, como por exemplo as do agronegócio, são obras, normalmente, mais simples, em termos construtivos, onde a utilização de uma gestão altamente complexa e aplicada da metodologia BIM pode não constituir um ganho adicional para a empresa, quer em termos de viabilidade financeira, quer de agilidade também.

4.4.3 Utilização do CAD e do BIM

Apesar da implantação dos primeiros processos BIM na empresa ter sido iniciada recentemente, foi possível encontrar, entre os ficheiros das obras da empresa, projetos estruturais com níveis de pormenorização similares aos dos produzidos atualmente, originados a partir das empresas subcontratadas que realizaram projetos para a empresa Alfa. No entanto, atualmente, ainda é necessário subcontratar estes projetos estruturais a outras empresas, porque quando a procura de obras é elevada e, conseqüentemente, há falta de tempo, os prazos para realizar estes projetos pela empresa são insuficientes.

O Coordenador geral BIM reitera que a melhor opção, ainda é produzir os projetos na própria empresa, para que estes sejam sempre feitos da maneira que a empresa está acostumada a projetar e a planejar, pois algumas etapas do projeto necessitam de detalhes construtivos específicos. Detalhes que somente os técnicos envolvidos da empresa saberão a melhor maneira de os projetar, dentro das preferências das equipas de planeamento, produção e execução, para que estas fiquem mais confortáveis dentro dos procedimentos de trabalho. Para isso, no caso de projetos subcontratados, é necessário alocar tempo para transmitir as informações às empresas subcontratadas e para lhes explicar os passos necessários para que desenvolvam o projeto da forma como gostariam de o receber, com cada detalhe do modelo da estrutura.

Antes da utilização do Tekla Structures na empresa, as etapas do projeto eram realizadas em *softwares* CAD 2D e 3D. Esses *softwares*, apesar de possuírem muitas limitações ao nível da pormenorização, da parametrização e da interoperabilidade, apresentaram grande eficiência na maioria dos empreendimentos realizados pela empresa Alfa. Contudo, a utilização do BIM não impediu a empresa de continuar a utilizar os *softwares* CAD em certas ocasiões, como o caso de obras simples, como se ilustra na Figura 30.



Figura 30: Obra simples, projetada em CAD

Fonte: Arquivos empresa Alfa

Uma das vantagens do CAD, está na facilidade de desenhar e projetar construções de baixa complexidade, por ser rápido, fácil e ágil.

A empresa Alfa atua na construção de armazéns com soluções pré-fabricadas *in situ* e pré-fabricadas industrialmente há quase 20 anos. Por estar acostumada e possuir muito conhecimento neste tipo de obras, é inviável implantar novas técnicas de projeto e planejamento BIM em projetos que são realizados de maneira rápida, económica e sem erros.

Porém, justifica-se a utilização do BIM nas novas obras, diferentes do padrão que a empresa está acostumada, ou nas obras comerciais e residenciais, mas com complexidade alta. Isto é, em obras onde são necessárias muitas ligações, pilares com consolas curtas, muitas vigas, mezaninos, ou em edifícios multifamiliares, com lajes ligadas entre si e com a presença de conectores no projeto, o BIM torna-se vantajoso. Isso ocorre pois as vantagens de agilidade, familiaridade e fiabilidade no projeto elaborado em CAD não estarão presentes devido à maior quantidade e necessidade de detalhes. Um exemplo de obra mais complexa que é viável a utilização do BIM, é mostrado na Figura 31.



Figura 31: Obra complexa em detalhes, com utilização de BIM

Fonte: Arquivos empresa Alfa

Neste contexto, a utilização das tecnologias BIM para o projeto e execução da obra está vinculada à complexidade do processo construtivo da obra.

4.4.4 Projeto

O procedimento de trabalho para a realização dos projetos continua idêntico, mas com a introdução dos novos *softwares*. São realizados dois modelos da estrutura em dois *softwares* distintos: um modelo virtual 3D no Tekla/BIM e um modelo de análise estrutural no CypeCAD/Cype3D.

O modelo virtual consiste na modelação da estrutura, com a representação gráfica da estrutura, peças e demais componentes do projeto estrutural (Figura 32). Uma grande vantagem que a introdução de um *software* BIM proporcionou para a criação do modelo virtual 3D foi a melhor visualização dos detalhes construtivos, com a inclusão de conectores metálicos, de chapas e de materiais como a borracha expandida sobre os apoios nas consolas curtas (ver Figura 33), que também ficam representados no modelo 3D.

O modelo de análise estrutural (Figura 34) permitirá dimensionar cada uma das peças que compõem o sistema estrutural, para que seja possível realizar os desenhos das peças com as respetivas armaduras.

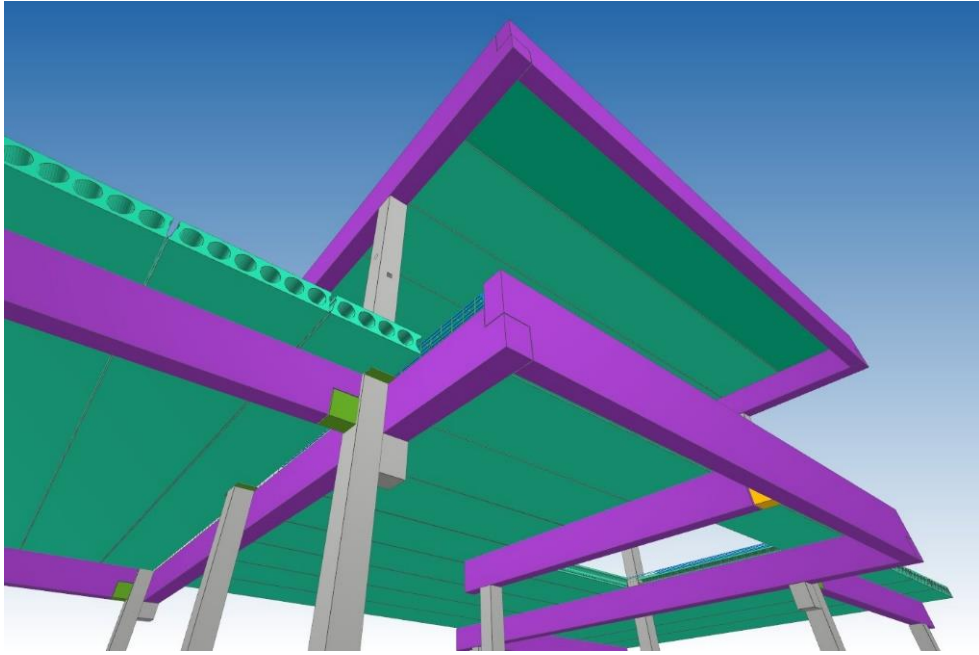


Figura 32: Modelo virtual 3D da estrutura, no Tekla

Fonte: Arquivos empresa Alfa

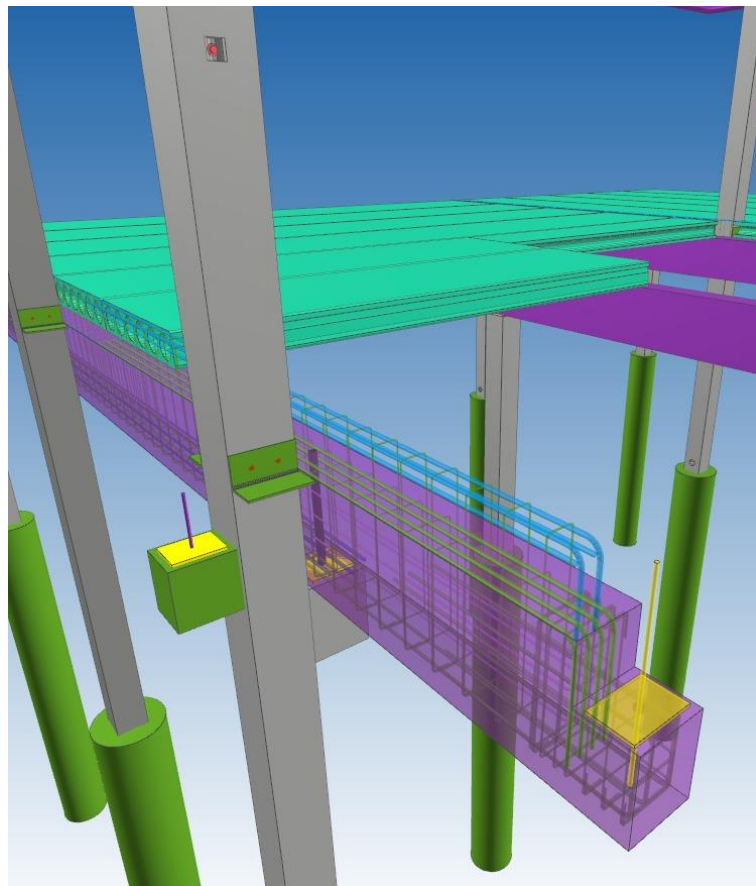


Figura 33: Visualização de detalhes construtivos no modelo virtual 3D

Fonte: Arquivos empresa Alfa

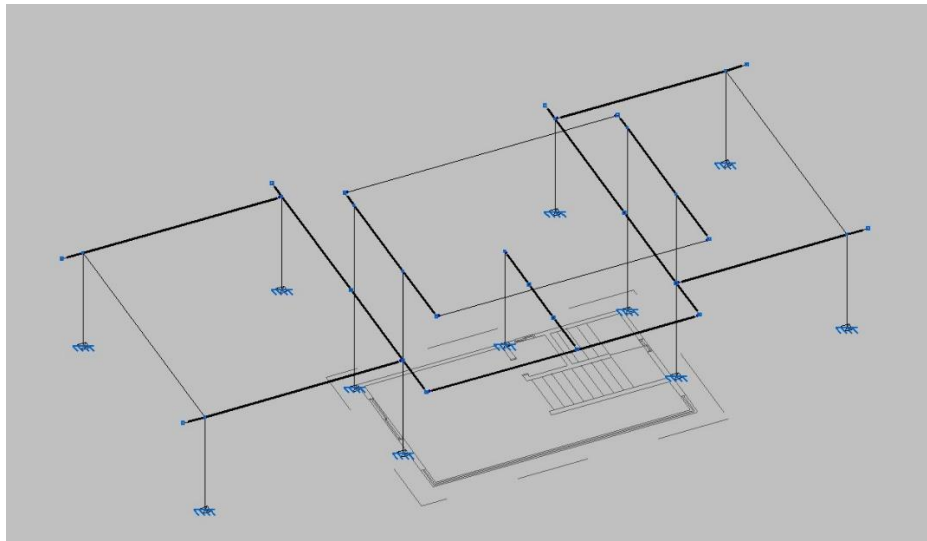


Figura 34: Modelo de análise estrutural, no Cype

Fonte: Arquivos empresa Alfa

Depois de gerar o modelo analítico, os esforços obtidos na análise estrutural, em cada elemento, são extraídos para validação e para o desenho das peças estruturais pré-fabricadas. As informações contidas nas peças desenhadas são transmitidas para serem inseridas no modelo BIM da estrutura no Tekla, para posterior extração das medições. A Figura 35 mostra uma seção da estrutura no modelo de cálculo e a Figura 36 representa a mesma seção com a pormenorização da viga já realizada, após a verificação do modelo de análise estrutural.

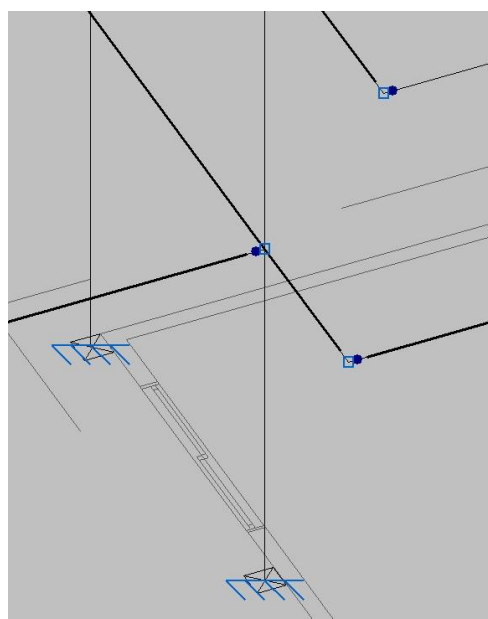


Figura 35: Seção do modelo de análise estrutural

Fonte: Arquivos empresa Alfa

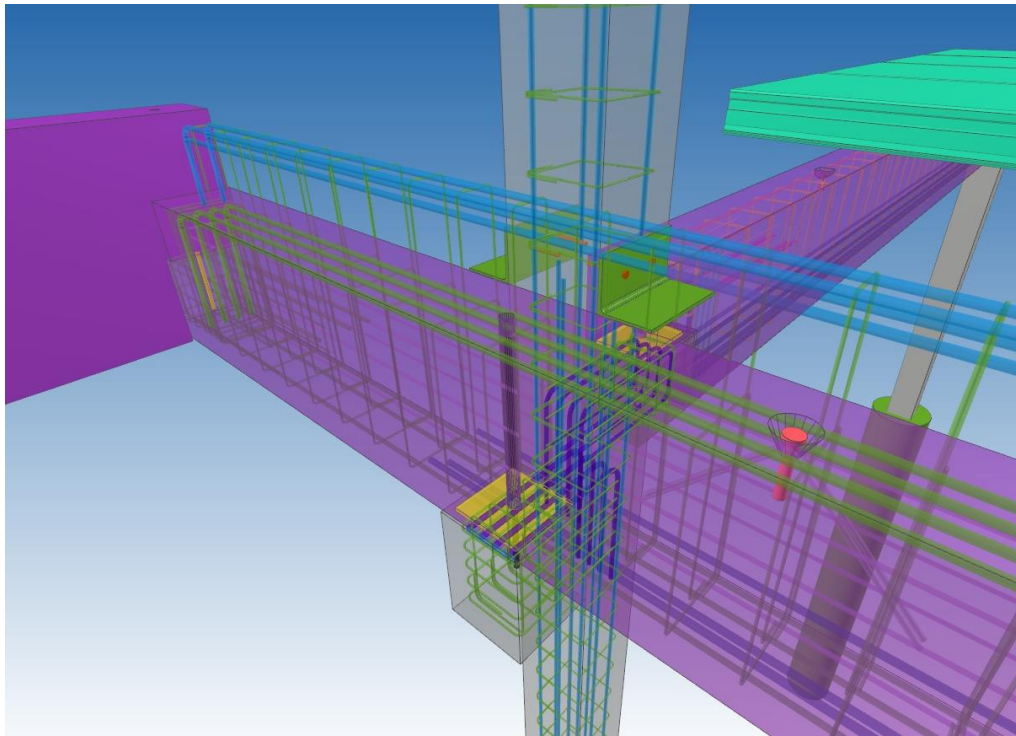


Figura 36: Secção do modelo de promenorização 3D

Fonte: Arquivos empresa Alfa

4.4.5 Planeamento e Controle de Produção

O setor de planeamento e controle de produção (PCP) coordena as etapas de produção, armazenamento e expedição das peças pré-fabricadas. A operação do PCP foi uma das áreas que sofreu algum impacto com a implementação do BIM, pois junto com o Tekla, a empresa também implementou nos seus processos um novo *software* denominado Plannix.

O Plannix é um *software* desenvolvido por uma empresa brasileira, que possui interoperabilidade com alguns *softwares* de modelação estrutural, sendo o principal deles, o Tekla Structures, e, opera no contexto do PCP. Ao exportar um arquivo “XML” do modelo BIM no Tekla para o Plannix, o programa consegue extrair informações do modelo para o processo de PCP.

Assim, com o *software* Plannix, voltado exclusivamente para as indústrias de pré-fabricação de betão, é possível controlar as informações, desde a fase do projeto até à fase de execução da obra. O Plannix ajuda a administrar o cronograma de faseamento construtivo, da fabricação das peças, para múltiplas obras a serem executadas. A empresa que desenvolveu o Plannix deu suporte técnico para a equipa do PCP, no intuito de melhorar o planeamento e o

controle de produção e para a gestão dos projetos, visando a rastreabilidade das peças e outras interfaces das operações (projeto, fabricação, logística, montagem, qualidade), com resultados e assertividade produtivas nas informações, em tempo real. A interface principal do *software*, é exibida na Figura 37, havendo outras tarefas nas abas referente às operações.



Figura 37: Interface inicial Plannix

Fonte: (Plannix, 2023)

Com essa implantação, a empresa conseguiu resultados positivos em toda a linha de produção, como:

- Controle de armazenamento das peças;
- Programação e acompanhamento de cargas;
- Acabamento das peças;
- Controle de conectores metálicos;
- Planeamento e programação da montagem por equipa;
- Controle de corte e dobra;
- Controle da betonagem.

Esses resultados foram obtidos com o acesso, por meio de códigos de barras, ou *QR codes*, impressos como etiquetas em cada elemento estrutural (Figura 38), indicando a situação

da peça que está sendo fabricada, de modo a auxiliar toda a equipa de produção no que se refere ao cumprimento dos cronogramas, previamente estabelecidos.



Figura 38: Etiqueta com *QR code*, impressa e colada em peça pré-fabricada

Fonte: Arquivos empresa Alfa

Assim, através de qualquer *smartphone*, o inspetor (ou responsável) pode verificar, quando o elemento deve ser fabricado e quando deve ser expedido e montado no estaleiro de obras, além de acompanhar os *status* de movimentos e verificações realizadas em cada peça (Figura 39), bem como o nome dos responsáveis por cada atualização.

Peça	Obra	Código Controle	Corte/Debra	Armação	Forma	Forma/Armação	Concretagem
PPM2	1049 - SORRINORTE	19747243	07/02/2023 - 17:23	07/02/2023 - 17:23	08/02/2023 - 16:10	08/02/2023 - 16:10	08/02/2023 - 16:10
PPM3	1049 - SORRINORTE	19747244	07/02/2023 - 18:24	07/02/2023 - 18:24	14/02/2023 - 07:00	14/02/2023 - 07:00	14/02/2023 - 07:00
PPM4	1049 - SORRINORTE	19747245	07/02/2023 - 18:16	07/02/2023 - 18:16	09/02/2023 - 17:11	09/02/2023 - 17:11	09/02/2023 - 17:11
PPM5	1049 - SORRINORTE	19747246	07/02/2023 - 17:43	07/02/2023 - 17:43	13/02/2023 - 17:37	13/02/2023 - 17:37	13/02/2023 - 17:37
VCA1	1049 - SORRINORTE	19747309	15/02/2023 - 09:14	15/02/2023 - 09:14	-	-	-
VCA2	1049 - SORRINORTE	19747310	14/02/2023 - 11:12	14/02/2023 - 11:12	-	-	-
VCA3	1049 - SORRINORTE	19747311	15/02/2023 - 14:21	15/02/2023 - 14:21	-	-	-
VCA3	1049 - SORRINORTE	19747312	15/02/2023 - 16:13	15/02/2023 - 16:13	-	-	-
VCA3	1049 - SORRINORTE	19747313	15/02/2023 - 16:52	15/02/2023 - 16:52	-	-	-
VCA3	1049 - SORRINORTE	19747314	16/02/2023 - 08:32	16/02/2023 - 08:32	-	-	-
VCA4	1049 - SORRINORTE	19747315	14/02/2023 - 14:51	14/02/2023 - 14:51	-	-	-
BL1	1049 - SORRINORTE	19747870	06/02/2023 - 11:54	06/02/2023 - 11:54	06/02/2023 - 11:55	06/02/2023 - 11:55	06/02/2023 - 11:55
BL1	1049 - SORRINORTE	19747871	06/02/2023 - 14:12	06/02/2023 - 14:12	06/02/2023 - 14:12	06/02/2023 - 14:12	06/02/2023 - 14:12
BL1	1049 - SORRINORTE	19747872	06/02/2023 - 15:35	06/02/2023 - 15:35	06/02/2023 - 15:36	06/02/2023 - 15:36	06/02/2023 - 15:36

Figura 39: Atualizações dos movimentos e operações, no Plannix

Fonte: Arquivos empresa Alfa

É importante salientar, que cada movimento e atualização do *status* da peça só pode ser realizada pelos correspondentes responsáveis de cada setor.

Com os *status* das peças sendo atualizados em tempo real, o programa Plannix consegue exportar novamente as informações para o modelo virtual do Tekla, podendo-se identificar no modelo o *status* de cada peça estrutural no processo de planeamento e de controle de produção (Figura 40).

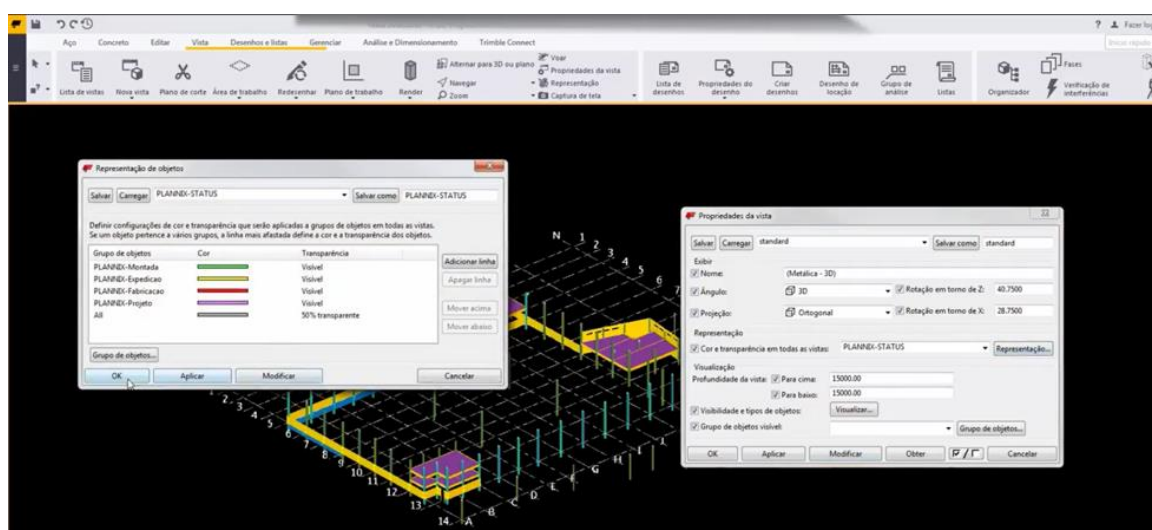


Figura 40: Integração Plannix e Tekla

Fonte: (Plannix - Soluções em Software, 2019)

4.4.6 Logística

As novas tecnologias de planeamento e controle de produção também trouxeram melhorias nas etapas de logística da empresa.

A identificação e o reconhecimento das peças iguais, mas com nomes diferentes, pelo *software* de PCP, devido à sua integração com os arquivos exportados do modelo virtual do projeto, permite um controle inteligente nas etapas de alocação das peças em fábrica e retirada para expedição, identificando as peças iguais com o mesmo nome. O Plannix também permite fazer o controle e registo de cargas e peças expedidas da fábrica para o estaleiro de obras (ver Figura 41).

Uma problemática comum às indústrias de pré-fabricação é o armazenamento das peças estruturais após o período de cura do betão. É frequente as peças pré-fabricadas possuírem nomes diferentes no projeto, mesmo quando são iguais, e, por esse motivo, é comum haver

desperdício de tempo por movimentos desnecessários de armazenamento e expedição quando por exemplo: o Pilar X está na base de uma pilha de pilares e o Pilar Y está no topo, mas o Pilar X e Y são iguais. Nesta situação, antes da implementação do *software* Plannix, se a obra necessitasse do Pilar X para a próxima etapa de execução da estrutura (de acordo com o projeto), ocorria com frequência o eventual trabalho desnecessário de retirar todos os pilares empilhados, até alcançar o Pilar X, quando poderia apenas utilizar o Pilar Y, devido à identificação padrão e rastreabilidade que esse *software* proporciona.

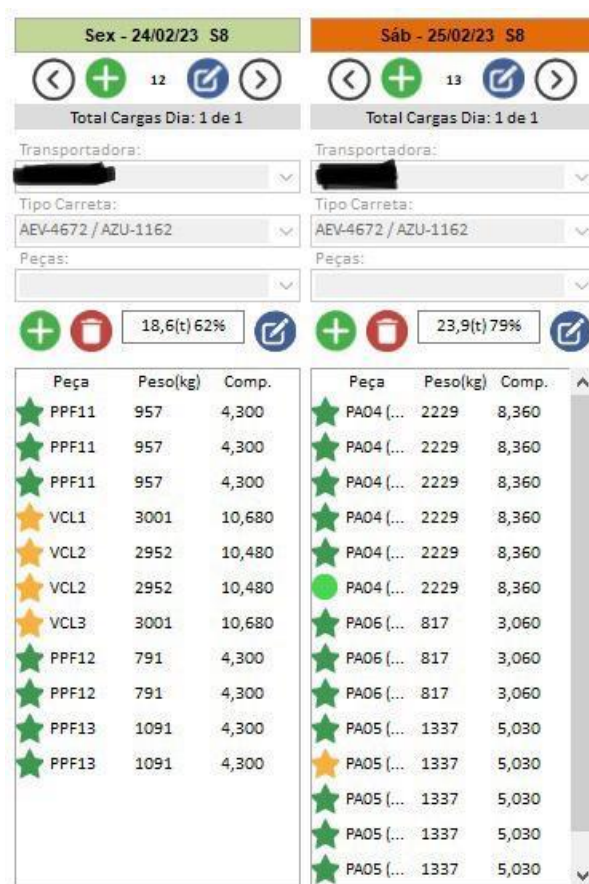


Figura 41: Controle de carregamento no Plannix

Fonte: Arquivos empresa Alfa

4.4.7 Execução de Obras

A utilização do BIM na fase de execução da obra tende a ser mais exclusiva e limitada por ser um ambiente em que as atividades são predominantemente de manufatura, sem utilização de muitas tecnologias.

A empresa Alfa, começou a utilizar o *software* gratuito denominado BIMCollab, um programa de gestão de projetos e de validação de modelos, utilizando formatos de arquivo aberto IFC e BCF (*BIM Collaboration Format*). O emprego deste *software* permitiu a troca de informação de forma rápida e clara, por meio de um arquivo “XML” que contém comentários, imagens, *viewports* e dados complementares, não havendo a necessidade de encaminhar todo o modelo BIM durante a troca de informações (Trelidal *et al*, 2016). No entanto, destaca-se que, conforme a informação obtida dos entrevistados, o uso do BCF é independente do uso do *Industry Foundation Classes* (IFC).

Com o BIMcollab é possível verificar conflitos e inconformidades e abrir os modelos IFC e BCF rapidamente, num computador ou num dispositivo móvel (*smartphone, tablet, etc.*), permitindo que os intervenientes na execução da obra acedam, em qualquer lugar, ao modelo virtual 3D da construção, como pode ser visto na Figura 42.

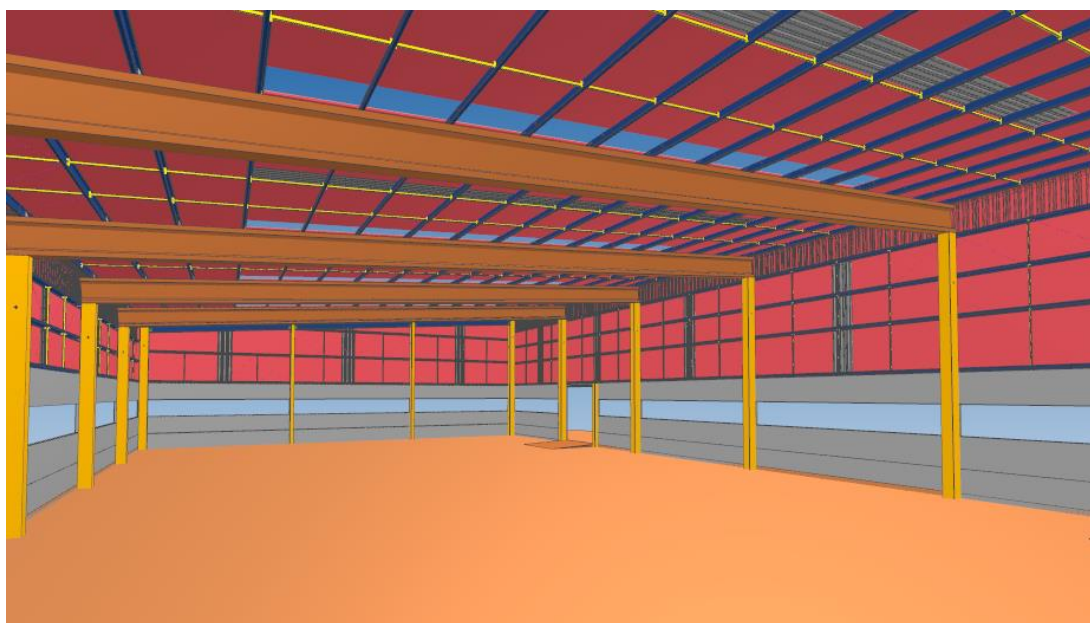


Figura 42: Visualização do arquivo IFC no BIMCollab

Fonte: Arquivos da Empresa Alfa

Segundo os entrevistados, com a utilização desta tecnologia, a empresa começou a inserir *QR Codes* nas peças desenhadas de projeto, com acesso aos modelos IFC e que permitem, de maneira rápida e fácil, a visualização do projeto, em qualquer lugar.

A visualização do modelo virtual 3D no estaleiro de obras permite um melhor entendimento e compreensão da estrutura, tanto dos engenheiros como dos encarregados de

obra, quanto dos montadores e demais trabalhadores. A visualização da estrutura num formato diferente das tradicionais peças desenhadas do projeto, impressas em 2D, permite reduzir tempo de construção e eventuais erros construtivos.

O uso de ficheiros em formatos neutros é essencial para garantir a interoperabilidade. Para evitar o fluxo desnecessário de troca de comentários e revisões entre os modelos do projeto, usa-se o BCF, que é capaz de elencar problemas e transmiti-los de forma rápida e eficiente. O BCF está cada vez mais integrado nos projetos da indústria AEC. No entanto, notou-se que há pouca bibliografia publicada sobre o seu uso, sobretudo no contexto brasileiro.

A utilização do BIM na fase de projeto causa impacto, ainda que indireto, na fase de execução da obra, através do aumento de confiança e de assertividade, por parte dos projetistas, que conseguem visualizar os seus modelos e avaliar de maneira clara a existência ou não de conflitos entre especialidades ou erros de projeto e corrigi-los antes de se proceder à execução da obra, evitando erros construtivos. Consequentemente, os diversos intervenientes no estaleiro de obras, adquirem mais confiança no projeto, além de poderem visualizar no modelo virtual 3D a estrutura de forma clara, antes de executá-la.

4.4.8 Contratos BIM

Em questões de contratos, a empresa Alfa não possui qualquer tipo de cláusula de utilização do BIM, tanto para a prestação dos seus serviços, quanto para a subcontratação de projetos.

Na prestação dos seus serviços, a utilização do BIM varia de acordo com a complexidade do empreendimento a construir, como referido no subcapítulo 4.4.3. Por realizar os seus empreendimentos sempre para o setor privado, não há exigências regulamentares que exijam a utilização do BIM.

A falta de conhecimento sobre a metodologia BIM e sobre os recentes avanços tecnológicos nas áreas de projeto e de preparação e execução das obras de construção civil, por parte dos cidadãos comuns, não ligados ao setor da engenharia no Brasil, faz com que os clientes da empresa Alfa, em sua grande maioria, desconheçam o assunto e, consequentemente, não se interessem pelo procedimento de elaboração do projeto, para que coloquem alguma exigência sobre a utilização do BIM nos seus contratos.

Porém, existem casos em que o requerente pode ser uma construtora ou um empresário ligado ao setor da construção civil, e pode contratar a empresa Alfa para realizar o projeto de estruturas do seu empreendimento (normalmente edifícios comerciais e residenciais), enquanto o requerente elabora os projetos das outras especialidades. Nestes casos, é comum o requerente pedir que a empresa realize o trabalho em BIM, pois será necessário para a compatibilização entre os seus projetos e para operarem em plataformas partilhadas na *cloud*, utilizando tecnologias como o *clash detection* para garantir a qualidade da obra e reduzir ao máximo o número de erros no projeto e na preparação e execução da obra.

Em suma, a empresa Alfa não possui cláusula para a utilização do BIM em qualquer tipo de empreendimento. Contudo, quando a empresa necessita de subcontratar projetos com soluções pré-fabricadas mais complexas ou com soluções de estruturas metálicas, dá preferência a quem utilize o BIM pois nestes tipos de projetos, devido à existência de muitas ligações, o BIM mostra-se muito útil.

4.4.9 Normalização

Atualmente, não existem normas brasileiras que regulamentem a utilização e a implementação do BIM em empresas.

O sócio proprietário e o coordenador geral BIM da empresa acreditam que a criação destas normas e regulamentações ainda seja inviável devido à baixa disseminação e utilização da metodologia BIM no setor AEC brasileiro, pois poderiam criar mais constrangimentos do que conduzir à adesão das empresas à metodologia. Assim, o processo de implementação tende a ser lento e gradual, para não afetar a produtividade do setor e para que os intervenientes possam-se qualificar da mesma forma, gradualmente.

Os programas governamentais como o Estratégia BIM BR, incentivam à adesão da metodologia, sem estabelecer regras no processo de implementação, deixando que cada empresa tome as suas próprias decisões e defina a sua estratégia, buscando alcançar um resultado comum, que é a utilização do BIM nas obras públicas. Porém, este programa não teve implicações com a implementação do BIM na empresa Alfa, por se tratar de obras públicas, uma vez que a empresa, atualmente, apenas realiza obras e empreendimentos para a iniciativa privada.

5. ANÁLISE E RECOMENDAÇÕES

O levantamento de dados a respeito das tecnologias BIM introduzidas no planeamento e operação da empresa Alfa, permite analisar e discutir os principais e relevantes aspetos do processo e descrever a estratégia da empresa para o futuro, bem como as dificuldades encontradas na transição do processo tradicional de trabalho para o processo colaborativo em BIM.

5.1 Nível de Maturidade BIM da Empresa

Apesar do processo de implementação do BIM se ter iniciado de facto, com um planeamento definido em 2022, a empresa, antes do início da transição, havia adotado práticas que permitiam classificá-la como uma empresa de nível 1 de maturidade BIM. Isso devido à elaboração de projetos 3D, mesmo que não-parametrizados, além de utilizar, também, projetos modelados em *softwares* BIM entregues pelos escritórios que realizam projetos subcontratados para a empresa Alfa.

A utilização de projetos BIM, mesmo que produzidos por entidades externas, permitiu um controle de informação e armazenamento de dados para além dos tradicionais elementos 2D e dos documentos escritos.

A situação atual, com a implementação do BIM bem encaminhada, com as políticas adotadas pela empresa, como a modelação dos projetos em *softwares* BIM com parametrização de objetos; a interoperabilidade entre o modelo virtual da estrutura e o programa de planeamento e controle de produção; e a visualização da estrutura em modelos colaborativos, possibilita a classificação da empresa Alfa com um nível 2 de maturidade BIM.

O nível 3 de maturidade BIM, apesar de parecer próximo, principalmente no caso da parceria com a empresa gestora BIM nos projetos de edifícios residenciais, terá um caminho e processo de transição mais longo e difícil para a empresa, dentre os níveis de maturidade BIM.

A quantidade de trocas de informações e possibilidades que o nível 3 de maturidade BIM proporciona, ainda é algo recente e inviável, na maioria dos casos para pequenas e médias empresas. Este nível 3 possibilitará margens para crescimento e disseminação significativas,

mas a implementação do BIM pela empresa Alfa, na elaboração do projeto e na produção de pré-fabricados de betão é um pequeno passo rumo ao futuro na industrialização da construção.

5.2 Impacto da Implementação do BIM

Como exposto no capítulo anterior, o processo de implementação do BIM, iniciado no setor de engenharia, proporcionou benefícios reais nos processos de trabalho da empresa, mas também originou dificuldades ao longo da transição para estas novas tecnologias. Nos subcapítulos seguintes vai procurar-se sistematizar os benefícios e os desafios identificados.

5.2.1 Benefícios

A partir dos dados recolhidos na empresa Alfa, pode-se elencar os benefícios reais, entretanto alcançados pela empresa, ao longo do processo de implementação, nomeadamente:

i. Redução de erros

O benefício mais importante relatado pelo coordenador geral BIM foi a melhoria da qualidade em todo o processo, desde a fase de projeto até à execução da obra, em virtude da grande redução no número de erros de projeto, porque esta metodologia facilita a sua deteção.

A diminuição de erros conduz ao aumento da qualidade do projeto e da obra, representando um ganho de confiança, tanto do projetista no seu projeto, como dos responsáveis pela produção dos sistemas pré-fabricados e execução da obra, pelas vantagens associadas à melhor visualização e compreensão dos processos construtivos a executar.

ii. Visualização

Nos modelos 2D em CAD, com informações não-parametrizadas, há mais dificuldade em representar os pormenores construtivos, o que promove o aparecimento de erros e, em alguns casos, estes passam despercebidos. O uso de *softwares* BIM não isenta o projeto de erros, mas devido à visualização que o BIM proporciona, é possível identificar e corrigir os erros, ainda na etapa de projeto ou na preparação da obra, com vantagens evidentes para o cumprimento de prazos e de custos da obra.

iii. Redução de custos e de trabalhos adicionais

Um outro benefício em todo o processo, mas principalmente decorrente da redução de erros de projeto, é a redução de custos. Compreensivelmente, a redução de erros na operação e planeamento da obra, conduz a um menor desperdício de materiais, à otimização do tempo e da mão-de-obra. A redução de custos com os erros de projeto é de grande importância, pois é a etapa de projeto a fase ideal para se detetarem esses erros, porque não resultam em perdas de materiais, quando feitas nesta fase. Estes fatores relacionados com a redução de custos, representam um aumento na rentabilidade da empresa.

iv. Agilidade e eficiência nas operações industriais e de execução

A interoperabilidade com outros *softwares* que possuem integração com BIM proporcionou melhorias nos processos industriais e nas atividades dentro do estaleiro de obras, reduzindo os trabalhos adicionais, melhorando a eficiência e a precisão das atividades, trazendo ganhos em agilidade e controle, através do registo das operações e do histórico das atividades.

5.2.2 Desafios

Assim como a implementação e utilização do BIM trouxeram benefícios à empresa, também houve desafios que pesaram negativamente no processo de implementação. A introdução de novas ferramentas que se propõem a oferecer melhores resultados, normalmente em substituição das soluções anteriormente existentes, apresentam desafios relacionados com os recursos humanos e com a padronização e adaptação a novos processos de trabalho, algo que vem sendo proposto pela equipa técnica de implementação dos *softwares* na empresa, com o respetivo suporte técnico por parte das *software houses*. Resume-se, em seguida, os desafios encontrados:

i. Compra de licenças de software

Para poder utilizar os *softwares* BIM é necessário adquirir os direitos de uso de cada programa através das licenças que devem ser adquiridas junto das respetivas *software houses*. Estas licenças possuem um valor relativamente alto e podem ser inviáveis para os orçamentos de empresas menores. A compra de uma licença permite apenas um utilizador por computador, isto é, não pode haver mais projetistas a utilizar o *software* em simultâneo. A empresa Alfa

possui apenas uma licença do Tekla Structures, desse modo, é necessária uma maior coordenação do seu uso para que sempre que um técnico finalize as suas tarefas, outro possa iniciar também o seu uso. Este problema pode ser solucionado comprando mais licenças do *software*, porém a única licença que a empresa tem mostrou-se suficiente para a demanda atual, mas podem vir a ser compradas mais no futuro, em função das necessidades.

Apesar do valor inicial alto da compra da licença, esta despesa pode ser abatida ao longo do ano, utilizando o programa com eficiência e de maneira correta, transformando este custo num investimento com rentabilidade ao longo do ano.

ii. Tempo para capacitação dos técnicos

Uma unanimidade em empresas em processo de transição para a metodologia BIM é a dificuldade em capacitar os seus recursos humanos para utilização dos novos *softwares* sem grande perda de produtividade. A empresa Alfa optou por realizar uma transição gradativa para o novo *software* de modelação, não implementando o *software* imediatamente após a compra da licença, para não haver necessidade de realizar uma paralisação do setor de projeto para capacitação dos seus técnicos. Os projetistas adquiriram as competências necessárias, em conjunto, ao manusear o programa, utilizando o suporte técnico que a *software house* disponibilizou, juntamente com os tutoriais fornecidos para esse fim, até que os técnicos se sentissem confortáveis para começar a utilizar o programa nos projetos da empresa. Apesar das dificuldades inerentes à formação dos utilizadores, a empresa Alfa relatou que o suporte técnico fornecido pela *software house* foi essencial e, na maioria das vezes, suficiente para resolver os desafios que foram surgindo nos diversos projetos.

iii. Inviabilidade em projetos de baixa complexidade

O aumento da complexidade construtiva das estruturas pré-fabricadas que a empresa começou a executar nos últimos anos, foi um fator determinante para a introdução do BIM na empresa. Contudo, em projetos mais simples, a experiência da empresa permitiu concluir que os processos tradicionais de projeto, com recursos a ferramentas CAD 2D e 3D, se mantêm como os processos mais rentáveis, pelo menos, no atual estado de utilização do BIM no Brasil.

5.3 Expectativas para o Futuro

Para um dos sócios proprietários da empresa, o futuro da construção civil passa pela utilização da metodologia BIM, por ser uma tecnologia inovadora, com diversas potencialidades e que permite uma grande redução de erros em todas as etapas do processo de construção e um aumento global da qualidade dos projetos e das obras.

Contudo, o BIM não é, ainda, a solução para todos os problemas do setor AEC, para os projetistas ou construtores. O BIM é uma metodologia que precisa de ser mais bem compreendida e divulgada para ser aplicada de maneira mais eficaz, quer no planeamento e na preparação dos colaboradores, quer na readaptação dos processos de trabalho, a fim de que se possam obter a maioria dos benefícios associados ao BIM.

Enquanto a empresa Alfa se consolida como uma referência no mercado de pré-fabricados, um dos sócios proprietários admite que no futuro gostaria que a empresa direcionasse o seu foco apenas para a produção e venda das peças pré-fabricadas de betão.

Em comparação com o percurso realizado pela empresa, a pré-fabricação ainda é um setor recente na sua atividade, mas tornou-se unânime que a empresa pretende investir ainda mais neste setor, visando uma maior industrialização do processo, reduzindo o número de execução de obras e aumentando a produção e venda de peças e de estruturas pré-fabricadas para outras empresas construtoras. A empresa planeia, no futuro, direcionar os investimentos em tecnologias e extensões do BIM para a produção industrial.

Exemplos de novas tecnologias que podem ser implantadas no futuro, são *softwares* que realizem a integração entre o projeto e os equipamentos de produção. A empresa foi contactada por responsáveis de um programa, vendido à parte pela empresa produtora da máquina de corte e dobra de ferragens, que realiza a integração entre os equipamentos de corte e de dobragem de estribos e o projeto estrutural. Desse modo, pode-se exportar as informações das peças pré-fabricadas diretamente do modelo virtual da estrutura para o equipamento que realiza a produção dos estribos automaticamente. Esta tecnologia ainda não foi implementada, mas pode ser, em breve, um novo investimento da empresa, por forma a aumentar a automatização dos processos industriais.

Uma medida que pode ser tomada num futuro mais distante, é a modelação e a produção de famílias padronizadas das peças pré-fabricadas, em *softwares* BIM para além do Tekla

Structures, como, por exemplo, no Autodesk Revit, que possui uma grande disseminação no Brasil, para facilitar e agilizar o processo de elaboração do projeto e para a venda das peças a clientes e construtores, no sentido de que a produção, no futuro, seja exportada e menos artesanal, tornando-se mais automatizada e padronizada.

A empresa, em processo constante de implementação da metodologia BIM, permanece atenta às recentes inovações da tecnologia BIM, que vão sendo lançadas continuamente, em particular, as vocacionadas para o processo de pré-fabricação e industrialização da construção, buscando manter-se atualizada neste setor, visando ampliar os benefícios que agreguem valor em todas as áreas de atuação desta indústria.

5.4 Aplicação do Estudo

Este trabalho foi baseado num caso de estudo de uma empresa, tendo-se reunido a informação através da realização de entrevistas, numa indústria de pré-fabricação de peças e estruturas de betão, que iniciou mudanças expressivas no setor de projetos e de preparação da obra utilizando o BIM. Entretanto, é possível estender este estudo a outras empresas de pré-fabricação que pretendam implementar o BIM, ou que já estejam numa fase de implementação ou que usem outros *softwares* relacionados com o projeto e a execução de obras, uma vez que as dificuldades e os desafios serão análogas, principalmente, na fase de projeto. As principais diferenças poderão estar relacionadas com os processos de trabalho das diferentes empresas, em particular, na fase de produção e de execução das obras. Este estudo pode ser um contributo para a tomada de decisão de outros empresários que considerem que a implementação e uso da metodologia BIM possa resultar em diversos benefícios para a empresa, melhorar a sua visibilidade externa e possibilitar a expansão do negócio para outros mercados e para outros tipos de construções.

Salienta-se que a implementação do BIM não traz a garantia de que os benefícios que oferece sejam atingidos e aplicados em todos os casos, para isso é necessário que a transição seja feita convenientemente.

A realização de uma implementação BIM ineficiente pode trazer resultados negativos e fazer decair a eficiência e a produtividade da empresa (Figura 43). É necessário ter a equipa bem-preparada e ciente das etapas do processo, alinhadas com a estratégia da empresa e

preparadas para superar as dificuldades e aprender a trabalhar de forma colaborativa com a nova metodologia. O facto de a implementação do BIM não ser um processo padronizado, torna-a suscetível a erros, estagnações e perda de produtividade, ocasionando, por vezes, a desistência da implementação e o retorno ao trabalho tradicional em 2D.

Para garantir que a implementação traga impactos e retornos financeiros positivos, qualitativos e produtivos, é necessário que a empresa realize uma mobilização dos envolvidos, realizando um diagnóstico completo da empresa, mapeando as necessidades e elaborando um plano de implementação definitivo, definindo responsáveis para esta tarefa, alinhado com os coordenadores dos diferentes setores que serão afetados. Inicialmente, pode ser difícil e a perda de produtividade é inevitável, mas estar preparado, juntamente com a resiliência, trará os retornos esperados e estabelecidos no início do processo de implementação (ver Figura 44).

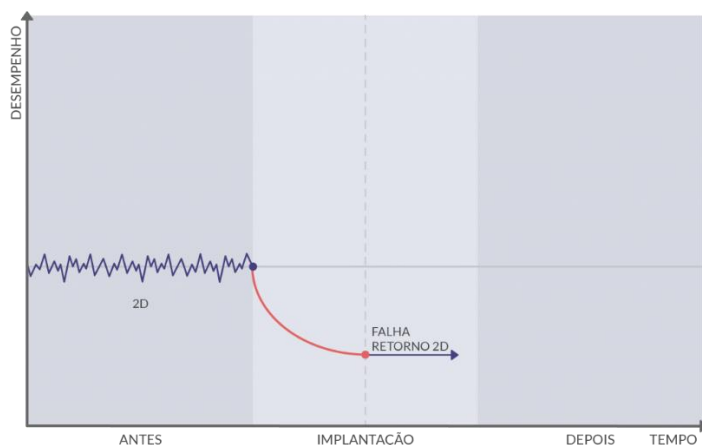


Figura 43: Desempenho da implementação BIM mal planeada

Fonte: (Gonçalves Júnior, 2020)

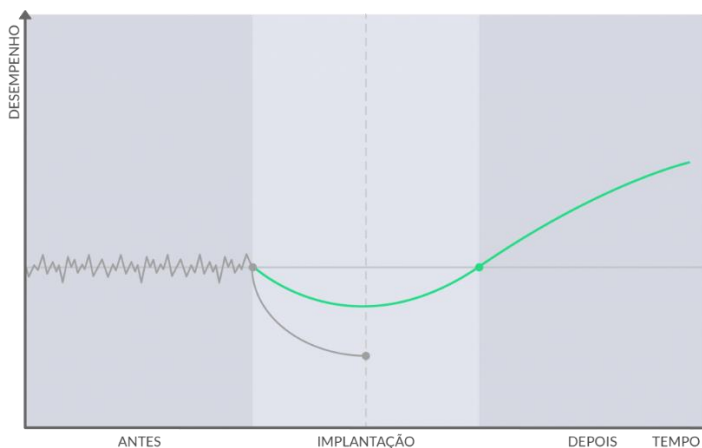


Figura 44: Implementação BIM bem-sucedida

Fonte: (Gonçalves Júnior, 2020)

5.5 Recomendações para a Implementação do BIM na Pré-fabricação

Com os dados do estudo foi possível identificar os benefícios que resultam da implementação do BIM no projeto e na construção de edifícios, incluindo a interoperabilidade, a produtividade, a eficiência e a colaboração. No entanto, como é frequentemente o caso quando se experimentam novas tecnologias, o BIM possui algumas limitações e desvantagens que podem desencorajar os profissionais do setor de adotar este método de trabalho eficaz.

É crucial que as empresas se familiarizem com as mudanças, porque o sector AEC é competitivo e que procurem implementar gradualmente a tecnologia BIM. No que diz respeito às inúmeras implicações da indústria da construção civil, não apenas as empresas, mas também os profissionais serão obrigados a possuir habilidades em modelação BIM, em coordenação e liderança para nas reuniões necessárias poderem refinar os modelos criados, além de avaliar a sua qualidade, de planear a execução dos projetos e de interpretar os dados necessários.

Devido aos fatores discutidos no estudo e considerando todo o potencial do BIM, muitos profissionais e empresas da indústria da construção ainda estão se esforçando pela aceitação e compreensão do BIM, como um método de trabalho útil para planear, construir e gerir todo o ciclo de vida dos empreendimentos.

A falta de confiança no BIM deve-se principalmente a uma compreensão inadequada dos seus benefícios e à falta de procura pelas informações a este respeito, o que leva a acreditar que essa metodologia é: excessivamente complexa, reservada a empresas já consolidadas no setor, útil apenas para projetos grandes e complexos, dispendioso de implementar e não rentável ou pouco rentável.

A pesquisa bibliográfica, assim como o estudo de caso, evidenciaram que esses fatores não refletem, muitas vezes, a realidade. Foi evidente, na empresa, que para adotar a tecnologia inovadora BIM, foi necessário um investimento inicial significativo de todos os envolvidos no processo, não apenas em termos de custos, mas de tempo, de determinação e de competências. No entanto, também é verdade que esses esforços são recompensados com um fluxo de trabalho mais produtivo, eficiente e coordenado e menos propenso a riscos, erros e interpretações incorretas.

Com base nos recursos e informações obtidas neste trabalho vão ser elencados os principais aspetos e possíveis abordagens, como contributo para que as demais empresas do

setor da pré-fabricação possam avaliar o seu processo de implementação do BIM ou decidir pela sua iniciação.

i. Capacitação dos recursos humanos e preparação da equipa

No estudo de caso foi notório que alguns profissionais que trabalhavam no setor de engenharia tinham um conhecimento prévio do BIM, no entanto não é suficiente que a equipa responsável pela implementação e uso do BIM conheça apenas os aspetos técnicos. Como se percebeu, o processo de implementação pode afetar todas ou várias das coordenações do setor de engenharia da empresa e alterar todo o planeamento existente de execução do projeto e da obra.

O que foi verificado na empresa Alfa é que a aplicação do BIM se iniciou no setor da engenharia, na coordenadoria de projetos. A definição de um coordenador geral BIM com liberdade de atuação, para que pesquisasse e estabelecesse as principais medidas que deveriam ser aplicadas e as operações em que a metodologia BIM poderia ser introduzida, foi determinante. É importante que o responsável tenha conhecimento da história da empresa e conheça-a em profundidade, incluindo todos os seus processos de trabalho.

Apesar de haver um responsável geral para esta tarefa, é importante que haja contato com os demais coordenadores de outros setores da empresa e que ocorra uma troca de informações e de posicionamentos a respeito da adoção da metodologia, discutindo também os recursos que existem, na atualidade, na empresa, que funcionem corretamente, mas também o que deverá ser alterado, e se a implementação do BIM irá afetar esses processos.

Foi referido que os principais desafios são o tempo e os recursos necessários para a capacitação da equipa no BIM, assim como a previsão de um período menos produtivo devido à transição dos processos de trabalho para a nova metodologia e à mudança dos hábitos de trabalho dos colaboradores. No entanto, esse tempo é entendido como necessário para garantir a adaptação de todos os profissionais às novas tecnologias, mas deve ser prevista uma transição gradual.

A realização de um plano de formação e de capacitação pode depender do nível de conhecimento e experiência prévia de cada membro da equipa, mas é um requisito essencial para garantir o sucesso de um processo de implementação BIM, sobretudo pelo facto de existirem poucos profissionais qualificados e experientes no mercado.

Há que considerar que investir em iniciativas de formação pode ser decisivo para o sucesso da implementação do BIM. Esta constatação, corrobora a opinião de Venâncio (2015), quando avalia a importância de desenvolver a divulgação e formação, combinada com a qualidade do produto que a metodologia BIM afirma ser capaz de proporcionar.

ii. Processos de trabalho

A implementação do BIM requer a definição de novos processos de trabalho para garantir a integração de todas as etapas do ciclo de vida de um empreendimento. É importante definir os processos de trabalho de cada equipa e garantir que todos os membros do projeto sejam conhecedores desses processos e do plano de execução da metodologia BIM.

A definição dos processos de trabalho deve ter em consideração os objetivos da empresa, as necessidades da equipa, as normas e padrões do setor e a experiência existente na empresa na elaboração de projetos e na execução de obras. É importante definir claramente os procedimentos e as atividades a serem executadas, os responsáveis por cada etapa do processo, se o BIM será utilizado em todas as etapas, se existem casos em que a metodologia a usar é a tradicional e quais as etapas da operação que serão afetadas pela sua implementação.

Além disso, a definição dos processos de trabalho deve ter em conta o fluxo de informação e a comunicação entre os membros da equipa, a fim de garantir a eficiência e eficácia do processo de implementação do BIM. É necessário estabelecer uma rotina de comunicação clara e objetiva, com a definição de prazos e responsabilidades para a troca de informações e para a resolução de possíveis problemas.

Uma das principais vantagens da definição dos processos de trabalho na implementação do BIM é permitir que a empresa reduza os custos e aumente a qualidade do projeto. Com a definição clara das atividades e fluxos de informação é possível evitar a duplicação de esforços, reduzir os erros e os trabalhos adicionais e otimizar o tempo necessário em cada tarefa.

Por fim, é importante lembrar que a definição dos processos de trabalho não é um procedimento estático e linear, devendo ser continuamente revisto e aprimorado ao longo da implementação. A equipa deve estar aberta a receber *feedbacks* e sugestões de melhoria e estar disposta a adaptar-se a novas circunstâncias e desafios que possam surgir durante a implementação do BIM.

iii. Investimentos em *software* e *hardware*

O investimento inicial para o uso do BIM, no setor AEC, pode ter um custo alto, pois requer a compra de licenças de *software* e, eventualmente, a melhoria de *hardware* para atender a certas especificações do BIM. Os custos relacionados com o *hardware* são discutíveis, pois estão associados aos equipamentos existentes, no momento, em cada empresa e aos *softwares* que serão utilizados na utilização do BIM, pois cada *software* possui requisitos mínimos e recomendados de *hardware* para o seu uso.

A seleção de um *software* BIM depende da análise de vários fatores, que configuram as necessidades da empresa e a análise sobre o que o *software* pode oferecer para suprir essas necessidades. Definir as tarefas e atividades que a empresa realiza ou prevê realizar, é o primeiro passo para implementar o BIM. Em seguida, deve-se verificar os *softwares* disponíveis no mercado e quais deles atendem melhor a essas necessidades.

É importante verificar a interface de cada *software*, se são fáceis de compreender e de utilizar, se são intuitivos para o usuário, se possuem uma boa curva de aprendizagem. A utilização do *software* requer aprendizagem dos técnicos que irão utilizá-lo. Assim, deve-se valorizar aqueles que são mais fáceis de usar e de aprender a utilizá-los, sem que haja necessidade de perder produtividade por muito tempo. Outro fator relacionado com a aprendizagem é a existência e atuação de um suporte técnico efetivo por parte dos fabricantes, pois é comum haver momentos em que os desafios associados a projetos que necessitem de objetos complexos, tornem necessário contatar o suporte técnico do *software* ou obter ajuda de outros profissionais especializados. Este fator pode ser decisivo na seleção final do *software* BIM. Isto foi o que ocorreu com a empresa identificada neste estudo.

Também se deve analisar as demais funcionalidades e recursos destes *softwares* e não somente aqueles que preenchem os requisitos iniciais. Devem verificar-se quais os demais *softwares* que poderão ser úteis, promissores e benéficos para a empresa, mesmo pensando a longo prazo, para eventuais necessidades futuras como, por exemplo, para o caso do desenvolvimento de famílias e objetos BIM para padronização.

Por último, deve-se analisar a relação custo-benefício da compra de licenças, atualizações e manutenção, se estão enquadradas no orçamento e se o investimento na tecnologia é rentável pelos serviços e benefícios que daí advêm.

Para a adoção de outros *softwares*, como por exemplo para o planejamento e controle de produção, é importante verificar a sua interoperabilidade e integração com os outros *softwares* existentes na empresa, sejam de BIM ou não, para garantir que é possível partilhar os dados entre as diferentes áreas de trabalho da empresa, sem perda de informações no percurso.

iv. Perda de produtividade *versus* aumento da qualidade dos projetos

Dado que a transição do 2D para o BIM é um processo diferente que requer adaptação e a aprendizagem de novas tecnologias, a perda de produtividade é uma consequência inevitável. No entanto, a empresa deve procurar auxílio com as ferramentas e orientações certas, para que essa migração possa ser o mais suave possível e os ganhos do BIM possam compensar bem mais do que os investimentos.

A empresa, objeto deste estudo, iniciou a implementação do BIM, com algumas mudanças no setor de engenharia, procurando que toda a equipa tivesse conhecimento dos *softwares* adquiridos e formalizou o fluxograma operacional para as atividades a desenvolver e os respetivos responsáveis. Com uma compreensão detalhada do fluxo de trabalho existente para a elaboração do projeto foi possível à empresa realizar uma avaliação das necessidades e do contributo que o BIM poderia trazer, definindo o processo de desenvolvimento adequado. Para colocar de outra forma, o plano deve especificar o objetivo da implementação do BIM no projeto, identificar nos fluxos do processo as atividades BIM, estabelecer as conexões informativas entre as várias partes e descrever a infraestrutura necessária para que isso aconteça.

Um outro aspeto que pode aumentar a produtividade e aumentar a qualidade dos projetos na área da pré-fabricação é a padronização das peças pré-fabricadas. Essa padronização conduziria à modificação dos projetos e a uma maior racionalização dos meios. Contudo, para que essa padronização ocorresse seria necessário que a indústria de pré-fabricados se mobilizasse para investir na definição dessa padronização, considerando os benefícios resultantes, entre eles, uma maior facilidade na modelação paramétrica dos elementos pré-fabricados. Outras organizações também veem esse potencial da padronização para uso em projetos repetitivos, adotando padrões mínimos e ajustes específicos consoante a localização.

Por fim, fica evidente que adoção do BIM depende bem mais da forma como a empresa integra essa metodologia nos seus processos e fluxos de trabalho do que de outros fatores. A definição de um plano de execução BIM é também recomendado, para que o investimento e a rentabilidade sejam acautelados e também para mitigar a previsível perda de produtividade inicial. A empresa objeto deste estudo é um bom exemplo deste procedimento.

6. CONCLUSÃO E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

O presente trabalho teve como foco principal observar as potencialidades, os desafios e as limitações associadas à implementação da metodologia BIM na pré-fabricação de betão. A adoção da metodologia BIM e os seus benefícios são conhecidos por alguns profissionais da construção civil, mas há necessidade de uma maior divulgação sobre como realizar esse processo de implementação, principalmente num setor da construção civil não-convencional.

Para atingir os objetivos propostos foram identificados os desafios que se colocam nesse processo de implementação do BIM e que se encontram descritos na bibliografia. Ao mesmo tempo, foi efetuada uma análise e diagnóstico de uma empresa brasileira de pré-fabricação de betão em processo de transição para a utilização do BIM, buscando entender as estratégias praticadas e a metodologia adotada neste processo, realizando uma investigação, mais especificamente, através de um estudo de caso.

O Brasil está procurando seguir a tendência mundial na adoção do BIM. Nações que são destaque no cenário económico internacional, como o Reino Unido, os Estados Unidos, a Alemanha e os países nórdicos estão ampliando e investindo na disseminação e incentivando o uso desta metodologia, seja na iniciativa privada, ou exigindo o seu uso nos projetos de obras públicas, com diferentes níveis de aplicação. Na esfera pública brasileira, as iniciativas de órgãos e governos estaduais, além do comitê estratégico de implantação do BIM criado pelo governo federal, apontam o uso do BIM na busca de maior assertividade nas obras públicas, na sua licitação. Esse uso pode ser no projeto, execução, estimativa e redução de custos, e principalmente fiscalização, apostando principalmente na interoperabilidade BIM e em espaços de trabalho, em nuvem, entre os vários envolvidos nos processos.

A utilização da pré-fabricação como uma técnica construtiva mostrou estar diretamente relacionada com a localização geográfica da sua atuação. Aspectos que valorizam e limitam a sua utilização existem tanto no Brasil como em Portugal, cabendo a cada empresa adotar as estratégias de empreendimentos e planeamentos que se encaixem no perfil local.

As variáveis do setor da pré-fabricação fazem com que a implementação de uma tecnologia como o BIM seja ainda mais dinâmica e instável, tornando os casos de implementação exclusivos e especiais para cada empresa diferente.

Ao conhecer os processos de trabalho da empresa, desde o projeto, planejamento e produção das peças, foi possível concluir que a implementação do BIM, na pré-fabricação, é repleta de desafios com diferentes níveis de dificuldades e aprofundamentos. Isso faz com que seja necessário que a administração da empresa e todos os envolvidos na transição se preparem e busquem as melhores opções de *software*, de capacitação, de aplicação e de colaboração que serão desenvolvidas neste processo.

A variabilidade de softwares BIM encontrados no mercado causa grande dificuldade na procura por profissionais com competência e experiência para trabalhar com o software específico que cada empresa utilize, sendo necessário realizar treinamentos e capacitação de funcionários recém-contratados. O alto custo de investimento inicial para utilizar um software diferente também é uma condicionante de impacto para novos profissionais se capacitarem, e para as empresas que desejam experimentar e testar outras alternativas.

A transição dos novos softwares e mudança nos processos de trabalho mostraram ser a principal dificuldade para as empresas em estágio de implementação do BIM devido à grande perda de produtividade no percurso, devido ao grande impacto causado na base de operação e trabalho das equipes.

A utilização do BIM pode não ser viável para todos os casos, pois a construção de estruturas relativamente simples, em que já há um processo bem predefinido e projetos seguros, baratos e eficientes, não necessitam de mudanças nos seus processos de projeto e operação. Nestes casos é mais coerente que as operações que funcionem bem não sejam afetadas.

Apesar das dificuldades, no entanto, constatou-se também que existem meios de atenuá-las, algumas vezes podendo prevenir e, noutras situações, extinguindo esses obstáculos relacionados com sua implementação.

O investimento e estímulo para que universidades realizem parcerias com empresas desenvolvedoras de *softwares* BIM para que futuros profissionais sejam capacitados durante os seus estudos, em períodos acadêmicos e utilizem tecnologias BIM durante a graduação permite o lançamento de profissionais mais valorizados no mercado. Para além disso, possibilita aumentar a taxa de recém-formados empregados na sua área de estudos, o que facilita às empresas o recrutamento de profissionais competentes para as suas operações.

Um bom planejamento, com uma pré-definição das etapas do processo e padronização das funções e áreas em que a introdução do BIM afetará dentro da empresa, é necessária

para que haja uma transição mais eficiente e com menos perda de produtividade. Assim como na operação, a etapa com maior facilidade para se manipular e corrigir erros, é a de projeto e planeamento. A separação de uma equipe com mais experiência no projeto e planeamento das estruturas para capacitá-la a operar novos softwares BIM, e que possa treinar e ensinar os demais colegas de trabalho após seu treinamento, é uma maneira de tentar atenuar as dificuldades relacionadas a alteração nos processos de trabalho e perda de produtividade.

A existência de parceiros comerciais e escritórios subcontratados pode viabilizar colaborações entre diferentes empresas aliadas na capacitação e treinamento de seus funcionários em diferentes áreas da operação que são impactadas pelo BIM.

Etapas mais simples, como a definição dos tipos de empreendimentos, através dos níveis de complexidade das construções, que serão utilizadas tecnologias BIM para a realização do projeto e planeamento, também são de grande importância para que a implementação seja mais eficiente e padronizada.

A pesquisa também ajudou a entender que:

- A implementação do BIM não tem que ser um ato único ou uma implementação imediata, mas sim, uma implementação progressiva, em que a empresa implementa mudanças de forma gradual e contínua.
- A aplicação de novas tecnologias e *softwares* dentro de um processo de trabalho bem estabilizado requer paciência, tempo, especialização e capacitação dos profissionais, especialmente num setor de serviços em que a demanda da sociedade exige altos níveis de produtividade e cumprimento de prazos.
- Um processo de transição mal planeado e incorporado não se beneficiará das vantagens que a metodologia BIM oferece, causando impactos negativos no desempenho da empresa, inclusive.

O facto de a construção civil tradicional ser um trabalho consideravelmente artesanal, dificulta a agilidade e a padronização da operação. O caso do pré-fabricado de betão, aliado ao BIM, pode vir a produzir um “roteiro” para as obras, através da industrialização da construção, buscando automatizar os processos e aumentando o número de repetições dentro do projeto da estrutura. A conquista deste objetivo requer implementações BIM eficientes e que cada vez mais as empresas se adaptem à metodologia e aos processos de trabalho colaborativos e integrados.

Os resultados deste estudo permitem concluir que o BIM é uma excelente oportunidade de diferenciação no mercado, que resulta num maior cumprimento de prazos e cronogramas de trabalho, na redução de custos e de desperdícios de materiais, além de agregar qualidade ao produto final e de melhorar a compreensão dos processos construtivos pela mão de obra. Na atualidade, o seu uso ainda está relacionado com a grandeza e complexidade dos empreendimentos e dos procedimentos adotados por cada empresa, como foi o caso da motivação que levou a empresa Alfa a iniciar a implementação do BIM no seu processo operacional.

O exemplo da empresa Alfa mostrou também que para projetos e obras mais simples, os métodos de trabalho tradicionais, baseados em CAD, são suficientes e os mais rentáveis.

O progresso e a modernização da construção civil podem ser impulsionados pela adesão de novas tecnologias. Com este estudo, foi possível comprovar algumas das potencialidades da metodologia BIM, bem como os desafios que ainda existem e como podem ser abrandados, a fim de contribuir para uma maior utilização de recursos inovadores no setor da construção civil.

6.1 Limitações do Estudo

A realização de um estudo prático, envolvendo uma empresa, permitiu entender melhor os detalhes da implementação do BIM numa empresa de pré-fabricação de betão.

Contudo, este trabalho apresenta algumas limitações naturais.

A primeira limitação tem que ver com a generalização ou extrapolação dos dados recolhidos nesta empresa para aplicação a outras empresas de pré-fabricação ou de outra área de atuação na construção civil.

Outra limitação da aplicabilidade da estratégia de implementação do BIM está relacionada com as competências pessoais e com o material humano que é exclusivo de cada ser humano, sendo imensurável a facilidade e a adaptação dos funcionários no decorrer de um processo de transição para a metodologia BIM em ambientes de trabalho diferentes.

A escolha dos novos *softwares* BIM dependerá da necessidade e modo de operação de cada empresa, dessa forma, os *softwares* implantados nas etapas de projeto, de planeamento e

de produção da empresa Alfa podem não vir a ser os mais adequados para a implementação do BIM no processo operacional de outras empresas.

Apesar de ter implementado o BIM nos seus projetos, a empresa Alfa apenas realiza e executa projetos estruturais. Assim, outra limitação deste trabalho é a sua aplicabilidade em empresas que projetam e executam projetos de outras especialidades que, conseqüentemente, podem exigir *softwares* distintos, com maior necessidades de interoperabilidade, de implementação e de capacitação dos usuários.

Do mesmo modo que este estudo mostrou que os tipos de obras pré-fabricadas realizadas no Brasil e em Portugal diferem entre si, também se compreenderá que a replicação deste estudo em diferentes países pode não ser a desejável, seja por condicionantes geográficas, materiais ou culturais.

Por fim, o *software* com integração BIM que foi adotado para coordenação dos processos de planejamento e de controle de produção é desenvolvido por uma empresa brasileira e, até ao presente momento da elaboração deste trabalho, não foram desenvolvidas versões do produto em outras linguagens e que se adaptassem para as formas de trabalho de outros países.

Como referido em outros subcapítulos, a implementação do BIM tende a ser ímpar e versátil para cada caso de aplicação, cabe aos responsáveis e coordenadores do processo de transição de cada empresa buscarem e entenderem a melhor maneira de adaptar as informações recolhidas de diferentes casos, de sucesso e de fracasso, para que possam replicar e atingir os objetivos visados no início do processo de implementação com a melhor eficiência possível.

6.2 Desenvolvimentos Futuros

De uma maneira geral, todas as empresas estão preparadas para implementar a tecnologia BIM nos seus processos de trabalho e obras. O que acontece, em muitos casos, é que os responsáveis pensam que precisam de uma mudança radical na empresa de um dia para o outro. O BIM é uma metodologia que pode ser aplicada gradualmente nos processos atuais da empresa, sem que se mude simultaneamente todos os processos de trabalho.

Certamente que a partilha de experiências sobre a implementação e uso do BIM pelos agentes do setor AEC, projetistas, empresas, fornecedores, etc. irá contribuir para a disseminação desta metodologia de trabalho e das tecnologias associadas.

Neste trabalho procurou-se compreender como uma empresa brasileira de pré-fabricação está a efetuar a transição para o uso do BIM. Como continuação deste estudo, apresentam-se, em seguida, algumas propostas para futuras pesquisas nesta temática da utilização do BIM no setor da pré-fabricação em betão:

- Realizar um estudo semelhante com uma empresa de pré-fabricação que realize demais projetos além do estrutural;
- Desenvolver um estudo de caso, numa empresa de pré-fabricados de betão portuguesa, a fim de identificar as semelhanças e as diferenças com as empresas congéneres brasileiras;
- Efetuar um levantamento dos *softwares* e objetos BIM disponíveis na área da pré-fabricação;
- Analisar as dificuldades e as limitações da integração entre os *softwares* BIM e os *softwares* de controle de produção e de operacionalização dos equipamentos e máquinas usadas no fabrico de pré-fabricados de betão.

7. REFERÊNCIAS

- ABCIC. (2021). 10º Prêmio ABCIC Obra do Ano 2021. Fonte: <https://abcic.org.br/premio2021>
- ABNT NBR 12655:2015. (2015). *Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento*.
- ABNT NBR 14931:2004. (2004). *Execução de estruturas de concreto - Procedimento*.
- ABNT NBR 15421:2006. (2006). *Projeto de estruturas resistentes a sismos - Procedimento*.
- ABNT NBR 9062:2016. (2016). *Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado*.
- ACCA Software. (2022). *Construção industrializada: conheça o BIM 10D*. Fonte: <https://biblus.accasoftware.com/ptb/construcao-industrializada-conheca-o-bim-10d/>
- Acker, A. V. (2002). *Manual de sistemas pré-fabricados de concreto*. (M. Ferreira, Trad.) ABCIC.
- Allplan. (2023). *Allplan Precast*. Fonte: <https://www.allplan.com/products/allplan-precast/>
- ANIPB - Associação Nacional dos Industriais de Prefabricação em betão. (2008). *A indústria de pré-fabricação em betão em Portugal*.
- Arnal, I. P. (2018). *Why don't we start at the beginning?* Fonte: Bim Community: <https://www.bimcommunity.com/news/load/490/why-don-t-we-start-at-the-beginning>
- Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto. (2014) Fonte: ABCIC: <https://abcic.org.br>
- Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto. (2016). *Anuário ABCIC*.
- Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto. (Abril de 2017). *Industrializar em Concreto*.
- Bataglin, F. S., Viana, D. D., Formoso, C. T., & Bulhões, I. R. (2017). *BIM 4D aplicado à gestão logística: implementação na montagem de sistemas pré-fabricados de concreto engineer-to-order*. UFRGS.
- Batalha, N., Sousa, R., Vitorino, H., Fernandes, P., & Rodrigues, H. (2020). *Modelação do comportamento sísmico de edifícios pré-fabricados de betão armado*.
- BFT International. (Novembro de 2015). *Pioneer of BIM-supported precast production in Finland*. Acesso em 03 de Outubro de 2022, disponível em https://www.bft-international.com/en/artikel/bft_Pioneer_of_BIM-supported_precast_production_in_Finland_2450674.html
- Campos e Matos, A., Pimenta, P., & Marques, H. (Novembro de 2003). *Engenharia e Ciência – A Conceção Estrutural do Estádio do Dragão*. Acesso em 06 de Setembro de 2022, disponível em GEG: <https://geg.pt/concepcao-estrutural-do-estadio-do-dragao/>
- Carvalho, T. A. (2016). *BIM vs. Pré-fabricados de Concreto: Criação de Famílias de Elementos com Base no Mercado Brasileiro*. Dissertação de Graduação, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.
- CIMPOR - Rocha, P. (Março de 2021). *Economia Circular na Indústria Cimenteira*, Master Export - 5ª Conferência - Economia Circular e Sustentabilidade.

- Consumidor Moderno. (Outubro de 2018). *Shopping Parque da Cidade traz 'Life Center' ao Brasil com ampla área verde*. Acesso em 15 de Setembro de 2022, disponível em <https://www.consumidormoderno.com.br/2018/10/01/shopping-parque-da-cidade-traz-life-center-ao-brasil-com-ampla-area-verde/>
- Costa, J. A. (2013). *Construção Prefabricada - Análise da Utilização da Prefabricação nas várias Etapas do Processo Construtivo*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Porto.
- Costa, P. C. (2015). *Estruturas pré-fabricadas do tipo industrial*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico de Lisboa, Lisboa.
- CYPE. (2023). *Cype*. Fonte: <http://www.cype.pt>
- Doniak, Í. (Novembro de 2013). *Pré-fabricado foi decisivo para viabilizar estádios*. Acesso em 09 de Setembro de 2022, disponível em Cimentos Itambé: <https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/pre-fabricado-foi-decisivo-para-viabilizar-estadios/>
- Doniak, Í. (Junho de 2021). *Sinergia entre o BIM e a industrialização em concreto*. Acesso em 09 de Setembro de 2022, disponível em Concrete Digital: <https://digital.concreteshow.com.br/especialistas/sinergia-entre-o-bim-e-industrializacao-em-concreto>
- Eastman, C. (2008). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Garbeline, A. (2012). *Obra Tietê Plaza Shopping*. Acesso em 31 de Agosto de 2022, disponível em <https://pt.foursquare.com/v/obra-tietê-plaza-shopping/4f1d2edbe4b0ce22e7428f1f?openPhotoId=50acb181e4b07823f236bf4a>
- Gonçalves Júnior, F. d. (2020). *Implantação BIM desafios e por onde começar?* Fonte: AltoQI: <https://maisengenharia.altoqi.com.br/bim/implantacao-bim-desafios-e-por-onde-comecar/#:~:text=Principais%20passos%20para%20começar%20a%20implantação&text=Sistemas%20construtivos%20da%20edificação%20e,Softwares%20de%20autoria%20de%20projetos>
- Hamil, S. (2021). *The NBS*. Acesso em 30 de 07 de 2022, disponível em www.thenbs.com/knowledge/bim-dimensions-3d-4d-5d-6d-bim-explained
- IBGE. (2020). Pesquisa Anual da Indústria da Construção (PAIC). Fonte: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/industria/9018-pesquisa-anual-da-industria-da-construcao>
- Instituto Nacional de Estatística. (2022). Fonte: INE: www.ine.pt
- Jockey Club Brasileiro. (2022). *Eventos Jockey Club Brasileiro*. Acesso em 13 de Novembro de 2022, disponível em <https://eventos.jcb.com.br>
- Khosrowshahi, F., & Arayici, Y. (2012). Roadmap for implementation of BIM in the UK construction industry. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 19(4), 610-635.
- Krygiel, E., & Nies, B. (2008). *Green BIM: successful sustainable design with building information modeling*. Indianapolis: John Wiley & Sons.

- Leonardi. (2022). *Fotos da Fábrica*. Acesso em 09 de Fevereiro de 2023, disponível em <https://www.leonardi.com.br/fabrica/>
- Lu, N. (2007). *Investigation of the Designers' and General Contractors' Perceptions of Offsite Construction Techniques in the United States Construction Industry*. Tese de Doutorado, Clemson University, Estados Unidos.
- Magalhães, A. J. (2013). *A pré-fabricação em betão em Edifícios*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto.
- Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. (2018). *Estratégia BIM BR*.
- NBS. (2017). *National BIM Report*. Acesso em 26 de Agosto de 2022, disponível em <https://www.thenbs.com/knowledge/nbs-national-bim-report-2017>
- NBS. (2020). *National BIM Report*. Acesso em 08 de Agosto de 2022, disponível em <https://www.thenbs.com/knowledge/national-bim-report-2020>
- NP EN 1998-1. (2010). Eurocódigo 8 - Projecto de estruturas para resistência aos sismos. Parte 1: Regras gerais, acções sísmicas e regras para edifícios. Insituto Português da Qualidade.
- OR - Empreendimentos Imobiliários. (2016). *Fotos da Obra*. Acesso em 31 de Agosto de 2022, disponível em <https://www.or.com.br/comerciais/parque-da-cidade>
- Plannix - Soluções em Software. (2019). *Integração Plannix e Tekla*.
- Plannix. (2023). *Plannix*. Fonte: <https://plannix.com.br/produto/>
- Record. (Novembro de 2021). Acesso em 13 de Outubro de 2022, disponível em <https://www.record.pt/multimedia/fotogalerias/detalhe/os-18-anos-do-estadio-do-dragao-das-obras-ao-estreado-messi-dos-titulos-conquistados-a-jesus-de-joelhos>
- Revista Grandes Construções. (Julho de 2022). Acesso em 30 de Julho de 2022, disponível em <https://grandesconstrucoes.com.br/Noticias/Exibir/vendas-de-cimento-fecham-o-semester-em-queda>
- Scheer, S. (Setembro de 2021). Construção civil precisa se movimentar na direção da digitalização. *Revista Industrializar*, pp. 6-9.
- SEBRAE. (2013). *Anuário do trabalho na micro e pequena empresa*. Acesso em 01 de Fevereiro de 2023, disponível em www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/Anuario%20do%20Trabalho%20Na%20Micro%20e%20Pequena%20Empresa_2013.pdf
- Silva, L. C. (2019). *Utilização de BIM na Prefabricação*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Porto.
- Sindicato Nacional da Indústria de Cimento. (2012). *Relatório Anual 2011*.
- Sindicato Nacional da Indústria de Cimento. (2014). *Relatório Anual 2013*.
- Sindicato Nacional da Indústria de Cimento. (2022). Fonte: SNIC: <http://snic.org.br/numeros-industria.php>
- Sit Modular Solutions. (2014). *Catálogo 2014*. Portugal.
- Sousa, R. (s.d.). *Placas Tectônicas*. Acesso em 05 de Setembro de 2022, disponível em Brasil Escola: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/tectonica-placas.htm>

- Succar, B. (2008). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 18(3), pp. 357-375.
- SustentArqui. (2020). *Shopping Parque da Cidade é LEED Ouro*. Acesso em 15 de Setembro de 2022, disponível em <https://sustentarqui.com.br/shopping-parque-da-cidade-e-leed-ouro/>
- Tekla. (2022). *Tekla*. Fonte: <https://www.tekla.com/br>
- Tessler Engenharia. (2022). *Tietê Plaza Shopping*. Acesso em 31 de Agosto de 2022, disponível em <https://tessler.com.br/projects/tiete-plaza/>
- Tomás, Q. J. (2010). *Concepção e Projecto de um Edifício de Habitação com Estrutura em Betão Pré-Fabricado*. Dissertação de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.
- Treldal, N., Parsianfar, H., & Karlshøj, J. (2016). Using BCF as a mediator for task management in building design.
- Universidade de São Paulo. (2020). *Comunicado sobre CRUSP – Conjunto Residencial da Universidade de São Paulo*. Acesso em 13 de Outubro de 2022, disponível em <https://www2.ifsc.usp.br/portal-ifsc/comunicado-sobre-crusp-conjunto-residencial-da-universidade-de-sao-paulo/>
- Venâncio, M. J. (2015). *Avaliação da Implementação de BIM - Building Information Modelling, em Portugal*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Porto.

APÊNDICE 1 – ROTEIRO DAS ENTREVISTAS

Neste apêndice, apresenta-se o roteiro de perguntas realizadas nas entrevistas, de acordo com o perfil profissional do entrevistado e com o assunto que se pretendia abordar, nomeadamente, a história e a contextualização da empresa, os seus processos de trabalho nas áreas de projeto, planeamento e pré-fabricação e as expetativas atuais e futuras.

i. História e Contextualização da Empresa

- Qual a origem da empresa? Como foi criada? Quais os seus propósitos?
- Quando a empresa começou a utilizar pré-moldados de concreto? E pré-fabricados? Quais foram as primeiras obras a utilizá-los?
- Quais os pontos positivos que os pré-fabricados de concreto trouxeram à empresa? E os negativos/desafios?
- A empresa fornece catálogo de peças para os seus clientes?
- Quando a empresa começou a utilizar BIM nas suas operações?
- Qual a motivação inicial para começar a adotar a metodologia BIM no fluxo de trabalho da empresa? É a mesma de hoje?
- A Estratégia BIM BR teve impacto na adoção do BIM pela empresa?

ii. Processos de Trabalho - Projeto, planeamento e pré-fabricação

- Como se dá o processo do fluxo de trabalho e produção da empresa?
- Foi feita alguma consultoria ou contrato com empresa terceira para auxiliar na transição da empresa para a metodologia?
- Quais os investimentos que foram necessários para o início da implementação? (maquinarias, *hardware*, *software*, consultoria, especialização de funcionários)
- Há desconhecimento da metodologia por parte dos funcionários?
- A empresa distribuiu cargos para os responsáveis pelo BIM? Como foi feito este planeamento? Exemplo: Coordenador geral de BIM, Projetista em BIM, Modelador de objetos.

- Os funcionários estão se especializando em BIM? Há suficientes profissionais capacitados?
- A empresa contrata serviços de projeto e planejamento terceirizados? Existe alguma cláusula para a utilização do BIM?
- A inexistência de normas regulamentadoras do BIM é uma condicionante de impacto no processo?
- O processo de licitação e contratos sofreu alterações devido à utilização do BIM?
- Quais os *softwares* BIM que estão a ser utilizados na empresa? E os terceirizados (caso existam)?
- Estes *softwares* operam segundo as normas brasileiras?
- Como foi realizada a escolha destes *softwares*?
- A interoperabilidade entre os *softwares* BIM demonstrou problemas?
- Como eram distribuídas estas etapas do processo antes da inserção do BIM?
- A utilização do BIM influenciou o cliente final para a realização de negócios? (Aparência)
- A utilização do BIM causou impacto no preço final dos empreendimentos? Os orçamentos diminuiram ou aumentaram?
- A aquisição de novas máquinas foi influenciada pelo BIM, ou vice-versa?
- Estão sendo criados objetos e famílias próprios para a empresa?
- Objetos e famílias foram comprados por modeladores terceirizados?
- Como eram realizadas estas etapas do processo antes da inserção do BIM?
- A implementação no BIM causou impacto no desempenho/trabalho do seu setor?
- Quais as vantagens que o BIM trouxe para o seu setor e para o seu trabalho?
- Quais foram as dificuldades encontradas nesse período? Algo piorou?

iii. Expectativas Atuais e Futuras

- Qual o seu diagnóstico a respeito da implementação do BIM na empresa até ao momento? Está valendo a pena?
- O rendimento e produtividade da empresa teve queda durante esse período de transição com as demandas existentes?
- Quais as expectativas para a continuidade da implementação? Existe algum investimento futuro, no BIM, já planejado?