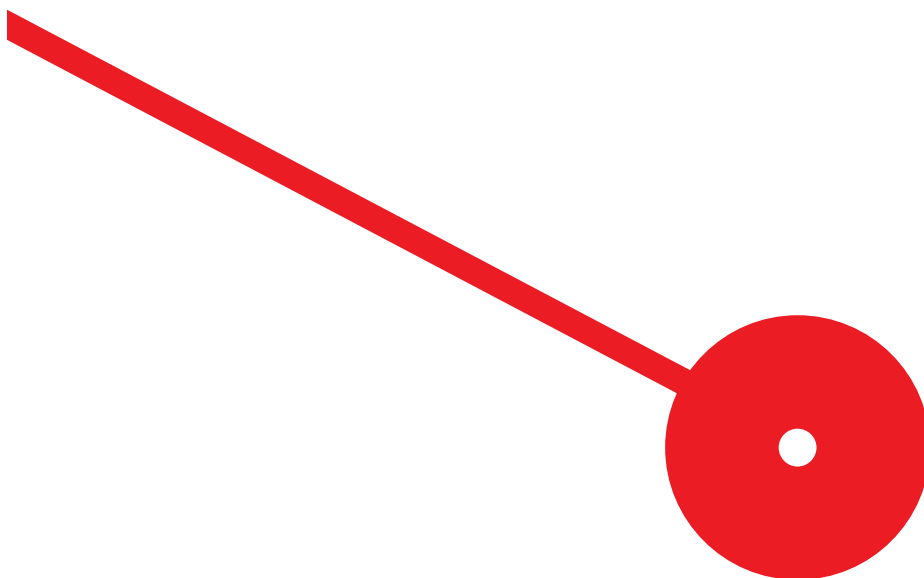




Impacto da Metodologia Digital Building Information Modeling na Produtividade do Design de Obras na Construção Civil

Cecília Canavilhas

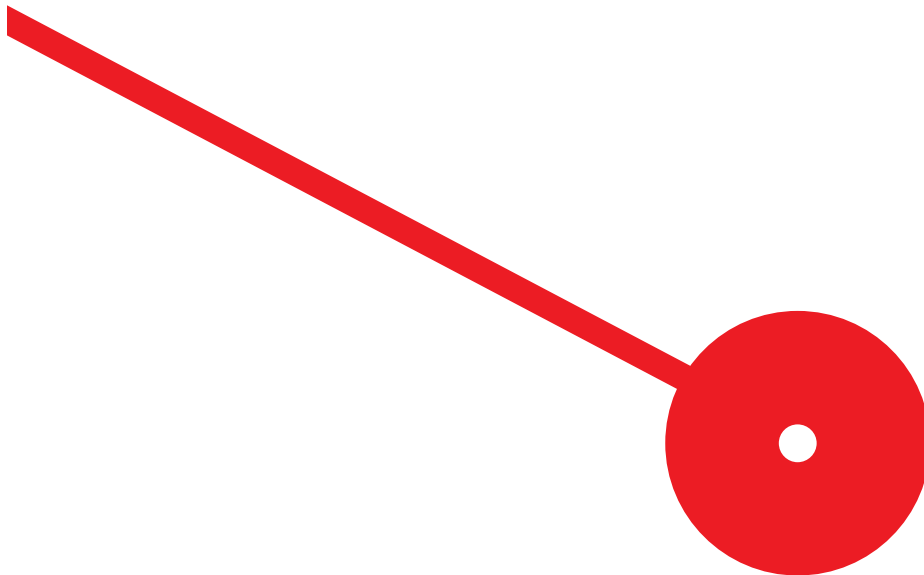
09/2025



Impacto da Metodologia Digital Building Information Modeling na Produtividade do Design de Obras na Construção Civil

Cecília Canavilhas

**Dissertação de Mestrado
apresentado ao Instituto Superior de Contabilidade e Administração
do Porto para a obtenção do grau de Mestre em Marketing Digital,
sob orientação de Professor Doutor Pedro Bruno Mendonça da Silva**



Agradecimentos

Tenho muitos agradecimentos que quero de fazer. Estou grata pelo meu trajeto até agora. Isto foi possível graças ao apoio de várias pessoas fantásticas.

Com uma contribuição gratificante e impactante no meu projeto, agradecer ao Professor Doutor Pedro Bruno Mendonça da Silva, pela sua orientação ao longo destes meses. A ajuda sempre foi imediata, em qualquer solicitação. Garantiu que a tese estava dentro dos padrões para agregar valor não só a academia, como ao próprio setor, algo que valorizo imensamente como profissional da construção. Não poderia ter tido uma experiência mais positiva, graças à sua disponibilidade, compreensão e experiência.

Depois, agradecer aos meus pais. Apoiaram-me em todas as decisões, desde a licenciatura, até à pós-graduação e agora no mestrado, mesmo nem sempre compreendendo onde quereria chegar com tudo isto. Em momentos de maior cansaço, lembraram-me do meu potencial e o quão acreditam em mim. Esse voto de confiança permitiu-me manter a energia e encorajou-me a fazer de tudo para os deixar orgulhosos. Obrigada mãe e pai, por me inculcaram os valores certos e por serem os heróis da minha história, nunca vou parar de vos tentar dar de volta tudo aquilo que fizeram por mim.

Os meus amigos foram também importantíssimos, especialmente durante os últimos dois anos. A minha vida profissional mudou radicalmente, o mestrado foi exigente e a minha vida pessoal enfrentou também algumas mudanças significativas. Estiveram do meu lado quando precisei de me abstrair das responsabilidades, quando quis conversar e meteram-me um sorriso no rosto todos os dias. Obrigada Luana, Raúl, Bruno, Diogo, António, Marta, Miguel e Carlos, por serem tão especiais.

Por fim, agradecer também a várias pessoas na Hilti. Catarina Amaro, a minha diretora enquanto estive na equipa de Recursos Humanos, que me deu toda a flexibilidade para gerir o meu tempo entre diferentes tarefas, mas que também me deu os contactos certos para esta tese ser possível. Alexandra Calheiros e Alexandre Marques, pela sua disponibilidade ao fornecer-me os dados-chave para a construção da minha investigação, mas também pela sua participação na interpretação dos mesmos. Paulo Alves Costa, o meu atual líder, que me recebeu de braços abertos na sua equipa, mesmo sabendo que este era um encargo da minha vida que requeria energia. Rita Vieira, por me ter incentivado várias vezes com as palavras certas e, principalmente, por ter sido uma enorme amiga e não só uma colega de trabalho.

Resumo

A indústria da construção civil é, simultaneamente, uma das mais relevantes para a economia global e uma das que menos conseguiu traduzir os avanços tecnológicos em ganhos significativos de produtividade ao longo das últimas décadas. Apesar de representar um peso expressivo no PIB e no emprego de muitos países, este setor tem mantido índices de crescimento da produtividade muito abaixo de outras indústrias, enfrentando desafios persistentes relacionados com ineficiências processuais, falta de coordenação entre especialidades e elevados níveis de desperdício de recursos.

Neste contexto, a adoção de metodologias digitais surge como um vetor crítico para transformar a forma como se concebem, planeiam e executam projetos de construção. Entre estas metodologias, o Building Information Modeling (BIM) destaca-se pela sua capacidade de centralizar a informação do projeto num modelo digital integrado, permitindo que as diferentes equipas trabalhem de forma colaborativa e que potenciais conflitos sejam detetados e resolvidos ainda na fase de conceção.

A presente investigação propõe-se explorar o impacto do BIM na fase de design das obras, nomeadamente na forma como esta abordagem pode aumentar a produtividade e melhorar os processos. Para tal, será dada especial atenção a um conjunto de projetos implementados por clientes da Hilti Portugal, empresa que tem integrado o BIM nos seus Serviços de Dimensionamento Integrado (SDI) com elevado nível de detalhe para suportes MEP (estruturas de fixação e apoio utilizadas para sistemas mecânicos, elétricos e hidráulicos).

A análise incidirá sobre indicadores de eficiência como tempo de instalação, custos, aproveitamento de recursos e coordenação entre especialidades, cruzando dados quantitativos provenientes de estudos de caso com evidência qualitativa obtida por entrevista a um especialista da Hilti. Paralelamente, serão identificadas as principais barreiras à adoção. O objetivo último é compreender se esta metodologia pode contribuir para uma evolução na produtividade do setor.

Palavras chave: BIM; Produtividade na Construção; Dimensionamento Integrado; Digitalização na Construção.

Abstract

The construction industry is simultaneously one of the most relevant sectors for the global economy and one of the least successful in translating technological advances into significant productivity gains over the past decades. Despite representing a substantial share of GDP and employment in many countries, the sector has maintained productivity growth rates far below those of other industries, facing persistent challenges related to process inefficiencies, lack of coordination among disciplines, and high levels of resource waste.

In this context, the adoption of digital methodologies emerges as a critical driver to transform the way construction projects are conceived, planned, and executed. Among these methodologies, Building Information Modeling (BIM) stands out for its ability to centralize all project information into an integrated digital model, enabling different teams to work collaboratively and allowing potential conflicts to be detected and resolved during the design stage.

This research aims to explore the impact of BIM during the design phase of construction projects, particularly how this approach can increase productivity and improve processes. Special focus will be given to a set of projects implemented by Hilti Portugal's clients, a company that has incorporated BIM into its Integrated Design Services (IDS) with a high level of detail for MEP supports (structural fixing and support systems used for mechanical, electrical, and plumbing installations).

The analysis will focus on efficiency indicators such as installation time, costs, resource utilization, and coordination among disciplines, combining quantitative data from case studies with qualitative evidence from an interview with a Hilti specialist. In parallel, the main barriers to adoption will be identified. The ultimate goal is to assess whether this methodology can contribute to a leap in the sector's productivity.

Keywords: BIM; Construction Productivity; Integrated Design; Construction Digitalization.

Índice geral

Capítulo - Introdução.....	1
Capítulo I – Enquadramento.....	4
A Construção como indústria de estudo	5
A evolução da tecnologia na indústria da construção	6
O que é a metodologia digital Building Information Modelling (BIM)?	7
A construção é resistente à mudança, mas o BIM e restantes ferramentas digitais podem inverter a tendência	8
O conceito de produtividade na construção civil.....	9
Os benefícios observados na implementação de BIM	10
Os obstáculos e limitações que afetam o seu impacto	11
O objeto de estudo foca-se em qual é a relação encontrada com o BIM e a produtividade na fase de design da obra	13
Capítulo II – Problema de investigação.....	15
Origem do Problema.....	16
Estrutura do Problema	16
Capítulo III – Objetivos	19
Objetivo Principal	20
Objetivos Específicos	20
Capítulo IV – Metodologia	21
Abordagem do estudo	22
Recolha de Dados	22
Unidade de Análise.....	23
Análise de Dados	23
Justificação para a abordagem	24
Limitações do estudo	24
Capítulo V – Relevância do estudo	25

Empresas Privadas	26
Academia	26
Estado.....	27
Indústria da Construção	28
Social e Económica.....	28
Desenvolvimento sustentável	28
Capítulo VI – Análise e resultados.....	30
Capítulo VII – Discussão dos resultados	38
Capítulo VIII – Conclusão.....	45
Referências bibliográficas.....	51
Anexos.....	55

Índice de Figuras & Tabelas

Figura 1 - Quadro teórico com pilares centrais da análise.

Figura 2 – Fluxograma síntese da investigação.

Figura 3 – Síntese da análise dos principais indicadores de produtividade.

Tabela 1 - Poupanças efetuadas com SDI/BIM nos projetos da Hilti Portugal.

Lista de abreviaturas

BIM – Building Information Modeling;

PIB – Produto Interno Bruto;

3D – Tridimensional;

CAD – Computer-Aided Design;

IA – Inteligência Artificial;

ML – Machine Learning;

AR – Realidade Aumentada;

VR – Realidade Virtual;

AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção;

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável;

ONU – Organização das Nações Unidas;

SDI – Serviço de Dimensionamento Integrado;

LOD 400 – Level of Development 400;

MEP – Mecânico, Elétrico e Hidráulico;

ROI – Retorno do Investimento.

CAPÍTULO - INTRODUÇÃO

A indústria da construção tem um peso significativo na economia global, contribuindo de forma expressiva para o PIB e para o emprego em diversos países. Para além do seu impacto económico direto, este setor exerce também uma influência estruturante na criação de infraestruturas, na dinamização do tecido empresarial e no desenvolvimento social e urbano das nações. Contudo, enfrenta um paradoxo difícil de ignorar: é um dos setores com crescimento de produtividade mais lento, sobretudo nas últimas décadas — estudos indicam que, entre 1987 e 2019, o crescimento médio anual da produtividade foi negativo, enquanto outras indústrias relevantes registaram aumentos anuais de pelo menos 1% (Garcia & Molloy, 2025); análises de longo prazo apontam ainda para uma tendência contínua de declínio da produtividade ao longo de décadas (Goalsbee & Syverson, 2024). Este cenário resulta de fatores como processos fragmentados, documentação pouco coordenada, reduzida taxa de inovação e elevados níveis de desperdício e retrabalho (Bahr & Laszig, 2021). A natureza temporária e pouco padronizada dos projetos de construção, associada à multiplicidade de intervenientes, tem contribuído para a manutenção de práticas tradicionais e pouco eficientes.

Neste contexto, a digitalização da indústria da construção emerge como um vetor fundamental de transformação. Entre as diferentes abordagens tecnológicas, o *Building Information Modeling* (BIM) surge como uma metodologia digital promissora para responder a estes desafios, oferecendo um modelo colaborativo e integrado que centraliza a informação do projeto, melhora a comunicação entre especialidades e permite a deteção precoce de incompatibilidades na fase de conceção, apresentando impactos positivos nos prazos, nos custos e na produtividade (Hong Wong, Rashid, & Arashpour, 2020). A sua adoção representa uma mudança de paradigma, substituindo a lógica de documentos dispersos por um modelo de informação unificado e dinâmico, que serve de base para todas as fases do ciclo de vida de uma obra — da conceção à manutenção.

Revisões recentes reforçam que o BIM promove a colaboração, reduz erros de projeto, agiliza a tomada de decisão em tempo real e proporciona poupanças relevantes ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos (Abdulsalam Alsofiani, 2024). Além dos benefícios técnicos, a metodologia contribui para a melhoria das relações entre os agentes envolvidos, estimulando a transparência e a partilha de conhecimento. Deste modo, o BIM é hoje amplamente reconhecido não apenas como uma ferramenta de modelação, mas como um sistema de gestão de informação e um motor de inovação organizacional.

A presente dissertação foca-se especificamente na fase de conceção dos projetos, analisando o impacto do BIM na produtividade e na eficiência processual. Esta escolha justifica-se pela relevância crítica dessa fase, onde as decisões tomadas condicionam o desempenho global da obra. O estudo baseia-se em casos reais de clientes da Hilti Portugal, nos quais foram implementados os Serviços de Dimensionamento Integrado (SDI) — uma abordagem que combina dimensionamento estrutural, modelação detalhada em BIM e estratégias aplicadas a suportes MEP (estruturas de fixação e apoio para sistemas mecânicos, elétricos e hidráulicos).

Pretende-se avaliar o efeito desta metodologia em indicadores como tempo de instalação, custos, aproveitamento de recursos e coordenação entre especialidades, conjugando dados quantitativos com evidência qualitativa proveniente de entrevistas a especialistas do setor. Assim, a dissertação propõe-se oferecer não apenas uma perspetiva técnica, mas também estratégica, sobre como o BIM pode servir de catalisador para uma nova cultura de produtividade na construção civil.

Paralelamente, procura-se identificar as principais barreiras à adoção do BIM — de natureza tecnológica, organizacional e económica — de forma a compreender o seu verdadeiro potencial transformador. Com isto, espera-se contribuir para o debate sobre a modernização do setor e fornecer evidência empírica que apoie a integração sustentável e eficiente do BIM no contexto português e internacional.

CAPÍTULO I – ENQUADRAMENTO

1 A Construção como indústria de estudo

A indústria da construção tem experimentado uma transformação gradual, mas rápida, no que diz respeito à digitalização nas últimas décadas. O setor está prestes a ser revolucionado pelo que tem sido denominado o "vórtice digital". Diversas tecnologias digitais têm impulsionado esta mudança, permitindo a digitalização dos processos empresariais e de projeto, o que está a contribuir para a transformação digital da indústria que observamos atualmente (Papadonikolaki E., 2020).

A construção tem, historicamente, importado inovações de outros setores, no entanto, é notável que outros sectores estejam a obter melhores resultados na implementação do que se designa de “fio digital” – um fluxo contínuo de dados que liga desde a conceção até à produção. A disseminação dessas inovações, no entanto, tem sido lenta. A variabilidade elevada dos produtos, a natureza temporária dos projetos e a procura particular da construção contribuem para uma adoção mais ad-hoc de inovações tecnológicas, o que, por sua vez, tem dificultado o seu avanço. Esta característica de resistência à mudança é algo presente no setor, que tende a ser mais conservador na integração de novas tecnologias, especialmente considerando que muitos processos de construção são baseados em projetos únicos (Papadonikolaki E., 2020).

Apesar das dificuldades, os académicos reconhecem o enorme potencial das inovações digitais na indústria da construção. Nos últimos anos, por exemplo, o setor assistiu a transformações significativas, impulsionadas por inovações em redes de projetos. Desde a utilização de representações digitais tridimensionais (3D) dos bens construídos até a automação de processos de conceção e construção com o uso do *Building Information Modelling* (BIM) — uma abordagem de modelação tridimensional de dados — o setor da construção tem testemunhado mudanças significativas, não apenas nas tecnologias e práticas de trabalho, mas também no conhecimento compartilhado entre as diferentes partes envolvidas (Papadonikolaki E., 2020).

O BIM, atualmente, é a tecnologia digital mais representativa da construção a nível mundial. Embora tenha o potencial de modernizar a indústria, a sua adoção apresenta desafios consideráveis, especialmente em termos de liderança, comunicação e colaboração entre os diversos agentes do projeto. O impacto da digitalização não se limita a melhorias tecnológicas e operacionais; envolve também um compromisso significativo

em termos de empenho e confiança, o que afeta diretamente a coordenação e a colaboração entre as equipes (Papadonikolaki E., 2020).

É amplamente reconhecido tanto por acadêmicos quanto por profissionais da área que os produtos e a produção do ambiente construído estão a ser transformados pelas tecnologias digitais. Estão a ser criadas oportunidades para sustentar e expandir as inovações digitais ao longo de todo o ciclo de vida dos ativos construídos. Embora a mudança digital esteja a acelerar significativamente, é fundamental compreender a natureza e os resultados da digitalização no setor da construção, particularmente ao longo do tempo e no contexto de projetos e empresas desta área (Papadonikolaki E., 2020).

2 A evolução da tecnologia na indústria da construção

A história da tecnologia na construção oferece uma linha do tempo fascinante de engenho humano e inovação. Nos primórdios, os seres humanos dependiam de ferramentas rudimentares e técnicas simples para construir monumentos impressionantes, como as pirâmides egípcias ou o Coliseu Romano (Arabi, 2023).

No entanto, a Revolução Industrial, no século XVIII, marcou uma mudança significativa e abriu caminho para a evolução da tecnologia na construção. A invenção das máquinas a vapor, por exemplo, acelerou consideravelmente os processos de construção, permitindo a edificação de estruturas maiores e mais complexas. Materiais como o aço e o betão armado tornaram-se acessíveis, oferecendo maior durabilidade e flexibilidade no design das construções (Arabi, 2023).

Com a entrada no século XX, o desenvolvimento de gruas e máquinas pesadas revolucionou a construção, possibilitando a construção de arranha-céus e pontes. Ao mesmo tempo, o surgimento de ferramentas de desenho assistido por computador (CAD) no final do século XX permitiu aos arquitetos e engenheiros desenharem estruturas mais complexas com maior precisão e eficiência (Arabi, 2023).

No século XXI, a tecnologia na construção continua a evoluir a um ritmo acelerado. A emergência da Modelação da Informação da Construção (BIM) simplificou ainda mais os processos de design e construção, oferecendo visualizações em 3D e gestão de dados em tempo real. Tecnologias como a impressão 3D e o levantamento com drones

estão a redefinir os limites da construção, tornando estruturas antes impensáveis em realidade (Arabi, 2023).

Além disso, a adoção de fontes de energia renováveis e materiais sustentáveis na construção reflete a crescente consciência do impacto ambiental, marcando uma mudança significativa na ética do setor (Arabi, 2023).

A evolução da tecnologia na construção, assim, oferece um retrato vívido das conquistas humanas. Cada marco não só é um testemunho da nossa capacidade de inovar, mas também sublinha o papel da tecnologia na moldagem do nosso ambiente construído. Desde ferramentas de pedra e bronze até guindastes e impressoras 3D, a tecnologia na construção continua a transformar-se, prometendo possibilidades emocionantes para o futuro (Arabi, 2023).

Nos últimos anos, este setor sofreu uma transformação notável, embora as reformas não sejam igualmente distribuídas pelo mundo. Quando essas inovações chegam, no entanto, deixam um impacto significativo onde são implementadas (Muhammad Ali Musarat, 2022).

A digitalização tem um papel importante na construção, especialmente no que diz respeito aos vários intervenientes que podem guiar a implementação da tecnologia. A contribuição de cada parte envolvida é crucial para garantir uma adoção bem-sucedida e uma implementação mais eficaz. A digitalização transformou projetos de construção desde a fase de planeamento até o encerramento, graças ao envolvimento de diversas tecnologias inovadoras. Estas ferramentas digitais têm sido essenciais para melhorar a eficiência e a precisão em todos os aspetos da construção, desde a conceção até à execução final do projeto (Muhammad Ali Musarat, 2022).

3 O que é a metodologia digital Building Information Modelling (BIM)?

O BIM não é um produto ou software proprietário, mas sim um processo integrado que se baseia em informações consistentes e fiáveis ao longo de todo o ciclo de vida do projeto, desde o design até à construção e operação (Sergey Sinenko, 2020).

O BIM não é exclusivo para arquitetos; embora seja amplamente utilizado na arquitetura, os princípios do BIM aplicam-se a todos os aspetos da construção e são igualmente benéficos para engenheiros civis e outros profissionais do setor. O BIM vai além do simples modelo tridimensional (embora seja um componente importante); ele permite aos engenheiros prever com maior precisão o desempenho dos projetos antes da sua execução, responder rapidamente a alterações no design, otimizar o projeto através de análises, modelagens e visualizações, e ainda fornecer documentação mais precisa para os edifícios (Sergey Sinenko, 2020).

Além disso, o BIM permite que grupos diversos extraiam dados valiosos do modelo, facilitando decisões antecipadas e a implementação de projetos mais económicos. O modelo de informação da construção é, essencialmente, uma representação digital tridimensional do edifício e das suas características internas. Ele é composto por componentes inteligentes do edifício que incluem atributos de dados e regras paramétricas para cada objeto (Sergey Sinenko, 2020).

Por fim, o BIM oferece representações consistentes e coordenadas do modelo digital, incluindo dados fiáveis para cada uma dessas representações. Esta abordagem poupa imenso tempo ao projetista, pois cada visualização do modelo é coordenada automaticamente pela inteligência incorporada no modelo (Sergey Sinenko, 2020).

4 A construção é resistente à mudança, mas o BIM e restantes ferramentas digitais podem inverter a tendência

A digitalização na construção tem recebido uma resposta mista por parte dos envolvidos na indústria. Nem todos se sentem suficientemente confortáveis para adotar e lidar com as novas tecnologias. Muitas das partes envolvidas no setor ainda se mostram relutantes em adotar as novas formas de construção, preferindo continuar com os métodos tradicionais (Muhammad Ali Musarat, 2022).

A resistência social e habitual à mudança é um fator natural em todos os seres vivos. A incerteza em relação às mudanças tende a manter os stakeholders do setor de construção ligados aos métodos tradicionais. O segundo fator significativo é o método tradicional de contratação. As partes envolvidas estão familiarizadas e adaptadas a este modelo há muito tempo, e são experientes e rápidas em lidar com ele. Assim, substituir

esses métodos não é fácil para os stakeholders, e nem todos aceitam essa mudança. Alguns profissionais, especialmente os menos confiantes em implementar novas tecnologias, enfrentam dificuldades devido à falta de conhecimento, o que se traduz em um obstáculo significativo. Além disso, os custos de formação e a curva de aprendizagem tornam a implementação bem-sucedida das tecnologias, como o BIM, bastante cara para o setor da construção (Ahmed, 2018).

Apesar das dificuldades, a indústria da construção está a viver uma verdadeira revolução tecnológica, com novas tecnologias a transformar os processos tradicionais de construção e a contribuir para um aumento da eficiência, segurança e qualidade. Esta transformação é impulsionada pela incorporação de novos hardwares, softwares, materiais e ferramentas no setor (Arabi, 2023).

No domínio do software, o BIM lidera esta revolução. Permite a criação e manipulação de modelos virtuais tridimensionais de uma estrutura, promovendo uma colaboração melhorada e uma gestão de projetos mais eficiente. A integração de Inteligência Artificial (IA) e Machine Learning (ML) estão a melhorar as capacidades preditivas dessas ferramentas, possibilitando a deteção precoce de potenciais problemas, a otimização de recursos e a mitigação de riscos (Arabi, 2023).

Além disso, tecnologias como a realidade aumentada (AR) e a realidade virtual (VR) estão a ganhar popularidade. Estas tecnologias oferecem experiências imersivas para o planeamento, visualização e formação, utilizando a tecnologia da construção para reduzir erros e aumentar a taxa de sucesso dos projetos. Estas inovações estão a transformar a maneira como os profissionais da construção interagem com os seus projetos, aumentando a eficiência e a precisão (Arabi, 2023).

5 O conceito de produtividade na construção civil

Na indústria da construção, a produtividade é frequentemente descrita através de diversos termos, como fator de desempenho, taxa de produção, taxa de unidade pessoa-hora, entre outros. Tradicionalmente, a produtividade é definida como a relação entre o input e o output, ou seja, o rácio entre os recursos utilizados e o valor económico gerado (output). No entanto, para uma abordagem mais completa, é importante considerar outros

fatores. As duas métricas principais para avaliar a produtividade laboral na construção são (Karim EL Mounla, 2023).

- A eficácia com que a mão de obra é aplicada no processo de construção (Karim EL Mounla, 2023);
- A eficiência da mão de obra em realizar as tarefas necessárias, levando em conta o momento e o local específicos (Karim EL Mounla, 2023);

Compreender o conceito de produtividade e como ele é definido no contexto da construção é essencial para avaliar e melhorar o desempenho da indústria.

6 Os benefícios observados na implementação de BIM

A fase de design de um projeto de construção é frequentemente marcada por um elevado grau de incerteza devido a imprecisões nas instruções. Embora todas as fases de um projeto de construção possam contribuir para a produção de desperdício, a principal causa geralmente está ligada a um desempenho insatisfatório na fase de design, que acaba por ser identificado durante a fase de execução (Karim EL Mounla, 2023).

Esta fase tem uma contribuição significativa para a qualidade da obra, impactando diretamente o desempenho global do projeto, com efeitos imediatos nas fases de design e construção. Além disso, durante o design, um desempenho deficiente da equipa ou um design inadequado pode resultar em atrasos na entrega do projeto, devido à necessidade de retrabalho e excedentes no orçamento (Karim EL Mounla, 2023).

De facto, cerca de 30% das atividades envolvidas em um projeto de construção são tarefas que exigem retrabalho. A quantidade significativa de tempo e recursos necessários para reexecutar um processo ou atividade que não teve um bom desempenho inicial pode afetar substancialmente o planeamento e o orçamento do projeto. Especificamente, até 12% dos custos da construção são desperdiçados em retrabalho de componentes defeituosas que são identificadas tardiamente na fase de construção (Karim EL Mounla, 2023).

A aplicação eficaz do BIM durante a fase de design pode resultar em economias consideráveis para o projeto. O BIM tem gerado muito interesse recentemente, com o objetivo de otimizar o desempenho, pois pode ajudar a resolver problemas, como a

ausência de comunicação eficaz, dificuldade na gestão de projeto e instruções pouco claras. A informação presente num modelo BIM contribui para controlar custos, cumprir prazos e reduzir o impacto do projeto ao longo de todo o seu ciclo de vida, o que é particularmente relevante numa indústria fragmentada (Karim EL Mounla, 2023).

O BIM foi introduzido como uma solução para projetos de construção ineficientes e foi gradualmente adotado pela indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) no meio dos anos 2000. É um processo de ciclo de vida do projeto que utiliza modelos digitais da construção, ou gestão da informação da construção, para simular virtualmente os atributos físicos, funcionais e relacionados com tarefas do projeto. Adicionalmente, permite definir as necessidades de equipamentos e materiais para cada fase do projeto. As tecnologias BIM também auxiliam a equipa de design a detetar erros utilizando modelos digitais, evitando assim conflitos e identificando interferências durante as fases de design e construção (Karim EL Mounla, 2023).

Estes recursos têm demonstrado otimizações de até 10% do valor do contrato / orçamento. Na verdade, tem demonstrado reduzir os erros de fluxo de trabalho, retrabalho, erros de documentos e omissões em 48%, 39% e 52%, respetivamente (Karim EL Mounla, 2023).

Além disso, facilita a integração entre o design e o processo de execução, resultando em um trabalho de melhor qualidade, entregue dentro do prazo e a um custo mais baixo (Karim EL Mounla, 2023).

Embora o BIM apresente benefícios evidentes em comparação com outros modelos de dimensionamento mais tradicionais, como o AUTOCAD, é fundamental avaliar estes benefícios em conjunto com os obstáculos identificados, de modo a determinar o impacto real na produtividade da obra (Karim EL Mounla, 2023).

7 Os obstáculos e limitações que afetam o seu impacto

A implementação do Building Information Modeling (BIM) enfrenta vários obstáculos, sendo os mais frequentemente mencionados a falta de expertise (tanto nas equipas de projeto como nas organizações), os elevados custos de investimento, a falta de padronização e questões legais. Estes desafios estão distribuídos em diferentes categorias que afetam a adoção do BIM na indústria da construção (Agnieszka Lesniak, 2021).

Pessoas

As barreiras identificadas na categoria "Pessoas", estão principalmente relacionadas com a atitude dos colaboradores em relação às novas tecnologias e à natureza do trabalho que realizam. Entre os obstáculos que limitam a adoção do BIM encontram-se os hábitos dos trabalhadores, a relutância ou o medo das mudanças, a falta de vontade em melhorar as suas qualificações na área da tecnologia BIM, e o baixo nível de conhecimento sobre os benefícios da introdução de um ambiente virtual no design, execução e posterior gestão de edifícios, tanto por parte do pessoal regular como da equipa de gestão do processo de construção (Agnieszka Lesniak, 2021).

Finanças

Nesta categoria, são identificados quatro fatores, alguns dos quais referem-se aos custos excessivos de software e formação para os colaboradores. Estes são custos iniciais que as empresas precisam de suportar, enquanto os preços baixos dos projetos e da documentação de construção não cobrem os custos relacionados com a implementação da tecnologia BIM (Agnieszka Lesniak, 2021).

Além disso, não existem financiamentos ou subsídios destinados à implementação do BIM no processo de construção, que permitam às pequenas e médias empresas adotar e começar a modelar na nuvem virtual (Agnieszka Lesniak, 2021).

Método

Nesta categoria, foram identificadas cinco causas, divididas em três grupos. O primeiro grupo diz respeito ao design e modelagem virtual, com limitações resultantes, como o elevado consumo de mão-de-obra na implementação de modelos multidimensionais, um nível de detalhe excessivo, que não é necessário na preparação inicial do conceito de uma instalação, e erros frequentes, originados principalmente pela falta de conhecimento do projetista. O segundo grupo de razões envolve barreiras relacionadas com os métodos e padrões de operação, que não são padronizados ou comuns a todos os participantes no processo de construção. O último grupo aborda a falta de regulamentação legal que apoie a implementação mais rápida das tecnologias BIM, por exemplo, nas contratações públicas (Agnieszka Lesniak, 2021).

Gestão

Foram atribuídos cinco fatores à categoria "Gestão", que explicam a implementação insuficiente do BIM. Estes fatores estão relacionados com as estruturas organizacionais de empresas privadas, bem como de entidades públicas e governamentais. A má gestão, a falta de disposição para cooperar com outras autoridades, a falta de compromisso da equipa de gestão e a falta de consenso quanto a uma remuneração mais alta para os coordenadores BIM resultam na escassez de especialistas, tornando-se barreiras (Agnieszka Lesniak, 2021).

Máquinas

A última categoria, "Máquinas", identifica três barreiras relativas tanto ao software BIM quanto ao hardware disponível nas empresas. Dentre os fatores destacam-se a falta de uma plataforma universal para o software BIM, e o facto de que os complementos e plugins utilizados pelo software estão apenas em inglês, o que dificulta a utilização por parte de participantes mais antigos no processo de construção. Outra limitação está relacionada com o hardware das pequenas e médias empresas, que por vezes está desatualizado e é insuficiente para gerar modelos multidimensionais (Agnieszka Lesniak, 2021).

Esses obstáculos, distribuídos entre as diferentes categorias, indicam que a implementação do BIM enfrenta desafios significativos, mas também oferecem um panorama para a identificação de soluções que podem ser trabalhadas para uma adoção mais eficaz e abrangente da tecnologia no setor da construção (Agnieszka Lesniak, 2021).

8 O objeto de estudo foca-se em qual é a relação encontrada com o BIM e a produtividade na fase de design da obra

A indústria da construção continua a enfrentar pressões para melhorar a produtividade e reduzir os custos de construção. Com a necessidade de construir mais habitações e infraestruturas, de forma mais rápida, com alta qualidade e dentro dos prazos estabelecidos, é essencial aumentar a utilização de tecnologias avançadas. A digitalização

surge como uma solução que pode transformar o setor da construção ao melhorar as medidas de produtividade (Tabinda Chowdhury, 2019).

“*Mega-trends*”, como o aumento das populações urbanas, exigem uma reavaliação da indústria da construção para melhorar a produtividade, enquanto se assegura habitação acessível e se expande a capacidade das infraestruturas. Há um consenso na literatura sobre a natureza fragmentada do setor, as dificuldades na gestão no local, as preocupações com a segurança e os atrasos na entrega dos projetos, que afetam diretamente a eficiência da construção (Tabinda Chowdhury, 2019).

Será a digitalização a uma solução viável para transformar o setor, melhorando a sua eficiência geral? As tecnologias digitais são tecnologias avançadas de informação e comunicação que possibilitam a captura, armazenamento, processamento, comunicação, exibição, integração e colaboração de informações (Tabinda Chowdhury, 2019).

CAPÍTULO II – PROBLEMA DE INVESTIGAÇÃO

1. Origem do Problema

A construção é uma das indústrias com menor produtividade, e uma das principais razões para isso é a falta de uma visão do processo de construção como uma combinação de fluxos contínuos, ou seja, uma sequência interligada de trabalhadores, materiais e equipamentos. A baixa produtividade está frequentemente associada a um desempenho insatisfatório em várias áreas, como excedentes de custos, atrasos nos prazos e altas emissões de carbono (Asitha Rathnayake, 2023).

A introdução de novas tecnologias, como o **Building Information Modeling (BIM)**, surge como uma solução para mitigar esses desafios, oferecendo uma abordagem integrada para o planejamento, design, execução e manutenção de projetos.

No entanto, embora o BIM tenha sido promovido como uma revolução tecnológica, ainda existem incertezas sobre os seus impactos reais na produtividade das obras. Essas incertezas tornam-se mais evidentes quando se considera o elevado custo de implementação do BIM e as barreiras culturais e operacionais que dificultam sua adoção, o que levanta questões sobre a viabilidade de sua implementação em larga escala no setor.

2. Estrutura do Problema

O problema central deste estudo reside na análise do impacto do BIM na produtividade das obras de construção civil, especialmente na fase de design. O BIM é amplamente reconhecido como uma ferramenta que pode melhorar a coordenação, reduzir retrabalho e melhorar a qualidade das obras, mas há uma necessidade urgente de quantificar esses benefícios, em contraste com os desafios enfrentados por empresas do sector, como os custos elevados e a resistência à mudança.

O estudo será estruturado em três áreas principais:

- O conceito de **produtividade** na construção civil, abordando as definições tradicionais e os fatores que influenciam a produtividade do trabalho na construção.
- A **implementação do BIM**, destacando os benefícios observados, como redução de erros, maior eficiência e integração das etapas do projeto.

- Os **obstáculos** que dificultam a adoção do BIM, incluindo custos elevados, falta de padronização, resistência à mudança e problemas legais e financeiros.

Para facilitar a compreensão da organização teórica e das inter-relações entre os principais conceitos abordados, foi desenvolvido o quadro teórico representado abaixo. Nele, são apresentados os três pilares centrais da análise — produtividade, benefícios do BIM e obstáculos à sua implementação — e as conexões que sustentam a investigação do impacto do BIM na construção civil. Este esquema serve como base para a análise dos dados a serem coletados e discutidos.

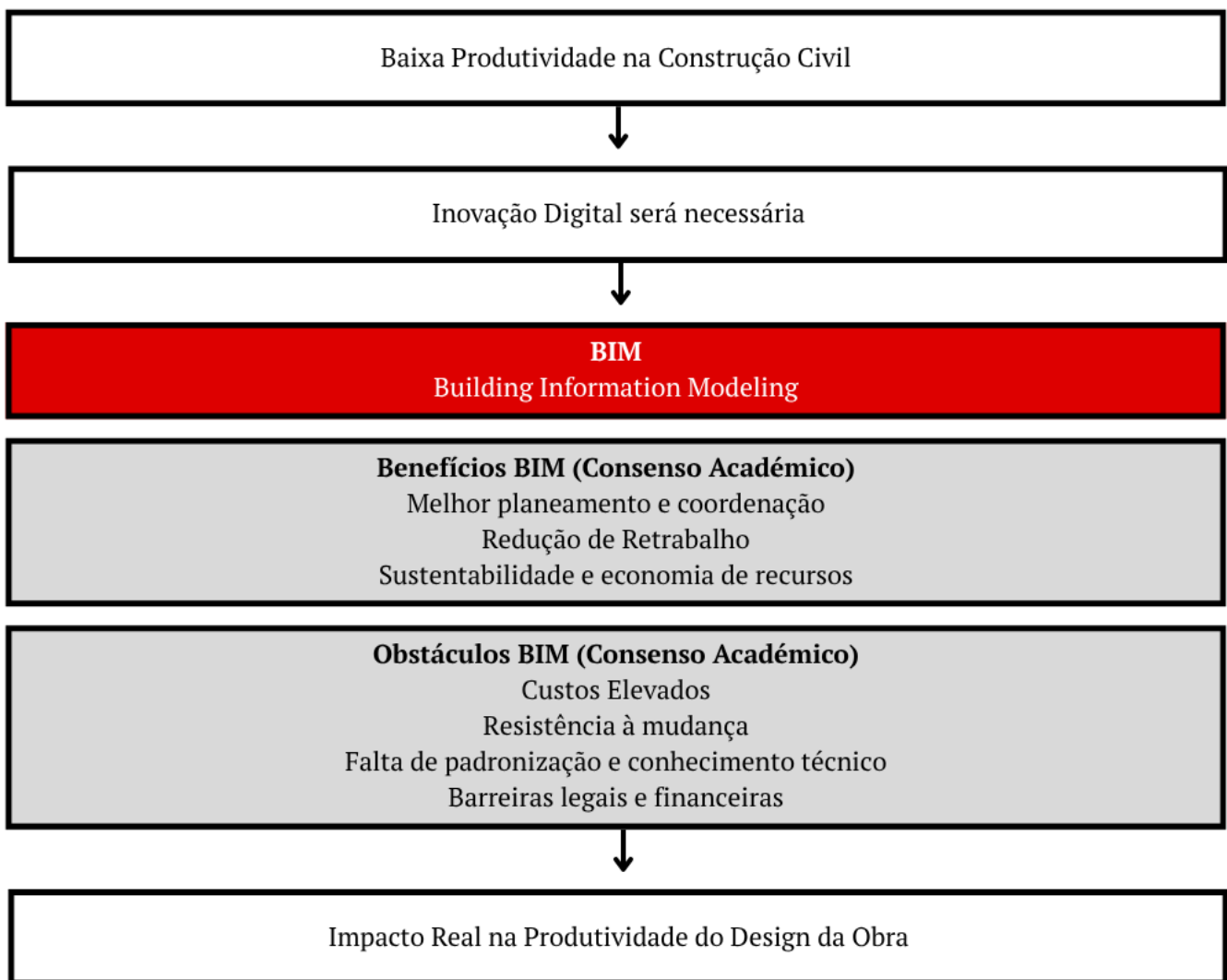


Figura 1.: Quadro teórico com pilares centrais da análise.

Com base no quadro teórico apresentado, observa-se que o BIM oferece um potencial significativo para aumentar a produtividade na construção civil, desde que os obstáculos à sua adoção sejam abordados de forma estratégica. O impacto do BIM está condicionado à superação de barreiras técnicas, financeiras e culturais, bem como à integração de boas práticas de gestão e planejamento. Este quadro teórico servirá como guia para a análise da literatura existente e para a formulação da questão de investigação a ser explorada, permitindo avaliar de forma mais precisa o saldo entre benefícios e desafios na utilização do BIM.

Focaremos, então, em uma questão de investigação em concreto.

Questão de Investigação 1 | O impacto do Building Information Modeling (BIM) na produtividade do design de obras na construção civil é tendencialmente positivo, com os benefícios, como redução de erros, maior eficiência na gestão e integração das etapas do projeto, superando as barreiras associadas (altos custos iniciais, falta de padronização e resistência à mudança)?

3. Problema Principal

O uso da metodologia BIM promove ou não positivamente a produtividade na fase de design das obras de construção civil, mesmo considerando as barreiras existentes?

4. Problemas Específicos

- Quais são os impactos do BIM em termos de qualidade, custo e tempo na obra?
- Quais os principais obstáculos enfrentados na incrementação do BIM?
- Quais são os fatores que influenciam a decisão das empresas de construção civil em adotar ou não a metodologia BIM?

CAPÍTULO III – OBJETIVOS

1. Objetivo Principal

Avaliar se a utilização do Building Information Modeling (BIM) promove a produtividade na fase de design das obras de construção civil, considerando tanto os benefícios observados quanto as barreiras enfrentadas na sua implementação. O tema será explorado com base nos clientes da Hilti Portugal, como estudo de caso numa abordagem de análise de multi-projeto.

2. Objetivos Específicos

- Identificar os impactos do BIM em termos de qualidade, custo e tempo nos projetos de design na construção civil.
- Analisar os principais obstáculos enfrentados pelas empresas na implementação do BIM.
- Investigar os fatores que influenciam a adoção do BIM pelas empresas.
- Avaliar se os benefícios do BIM superam as barreiras identificadas, gerando um saldo positivo na produtividade da fase de design de obra.

Este conjunto de objetivos específicos permitirá compreender de forma abrangente o impacto do BIM na produtividade do design de obras, fornecendo evidências quantitativas e qualitativas sobre os seus efeitos, e consequentemente diretrizes práticas para potenciar a sua aplicação no setor da construção civil, de modo particular em Portugal.

1. Abordagem do estudo

Este estudo utiliza uma abordagem mista, combinando métodos qualitativos e quantitativos, com o objetivo de avaliar o impacto do Building Information Modeling (BIM) na produtividade do design das obras de construção civil realizadas por clientes da Hilti.

A componente qualitativa será utilizada para compreender os contextos e processos associados à implementação do BIM, explorando percepções das equipas envolvidas, desafios enfrentados e decisões estratégicas tomadas ao longo dos projetos.

Já a componente quantitativa analisará dados concretos sobre os resultados obtidos nos projetos, com foco em indicadores como prazos, custos e qualidade das obras.

Esta abordagem mista é especialmente adequada para estudos que envolvem a interação entre processos organizacionais e resultados mensuráveis, garantindo uma análise abrangente e enriquecida por múltiplas perspetivas.

2. Recolha de Dados

A recolha de dados será conduzida em duas etapas complementares, abrangendo dados qualitativos e quantitativos, de forma a permitir uma análise completa e integrada do impacto do BIM na produtividade das obras.

A componente qualitativa incluirá reuniões internas com as equipas de engenharia e marketing da Hilti, responsáveis pelo apoio aos clientes na implementação do BIM. Estas reuniões terão como objetivo identificar projetos realizados com recurso à metodologia que possam servir de base para a análise, recolher percepções sobre os benefícios, desafios e impactos observados em cada caso, e compreender os processos internos e os esforços necessários para a aplicação do BIM em diferentes contextos.

Além disso, será realizada uma revisão documental dos materiais técnicos e relatórios internos relativos aos projetos selecionados. Esta análise incluirá documentos sobre erros detetados, alterações de projeto e conformidade com os objetivos definidos, bem como relatórios de otimização de custos e documentação específica sobre o papel da Hilti no apoio à adoção do BIM pelos seus clientes.

A componente quantitativa será constituída por indicadores de produtividade recolhidos a partir dos projetos analisados. Serão observados aspetos relacionados com o

tempo (comparação entre prazos planeados e prazos efetivamente cumpridos), custo (diferenças entre o orçamento inicial e os custos finais) e qualidade (níveis de retrabalho, número de erros detetados e conformidade com padrões técnicos estabelecidos). Para complementar, serão ainda consideradas informações globais obtidas através de uma entrevista a um engenheiro da Hilti Portugal com experiência internacional, envolvido em projetos de modelação BIM em diferentes contextos nacionais e estrangeiros.

3. Unidade de Análise

A unidade de análise deste estudo será constituída por projetos de construção civil realizados por clientes da Hilti Portugal que tenham aplicado a metodologia BIM. Para assegurar a validade dos resultados, serão apenas selecionados os projetos que disponham de documentação completa, incluindo dados financeiros, prazos e indicadores de qualidade final. Além disso, será dada preferência a obras com diferentes níveis de implementação do BIM, de modo a permitir a comparação entre graus distintos de maturidade tecnológica.

4. Análise de Dados

A análise dos dados será realizada em duas etapas, integrando métodos qualitativos e quantitativos.

Na análise qualitativa será utilizada uma abordagem temática, com o objetivo de identificar padrões e tendências recorrentes na informação recolhida, nomeadamente no que respeita aos benefícios percebidos e aos desafios enfrentados durante a implementação do BIM. Será ainda aplicado um estudo de casos múltiplos, comparando diferentes obras para identificar fatores comuns e específicos que influenciam a produtividade e a eficiência associadas à utilização da metodologia.

Na análise quantitativa serão definidas métricas de desempenho que permitirão comparar os indicadores de produtividade (tempo, custo e qualidade) entre projetos que utilizaram BIM e projetos desenvolvidos com métodos tradicionais. Esta comparação possibilitará uma avaliação objetiva do impacto do BIM na fase de conceção, complementando as perceções qualitativas e fortalecendo as conclusões do estudo.

5. Justificação para a abordagem

O impacto do BIM na produtividade da construção civil é um fenómeno complexo, que envolve tanto aspetos quantitativos (como redução de custos e cumprimento de prazos) quanto qualitativos (como perceções de benefícios, desafios organizacionais e mudanças culturais). A combinação de métodos qualitativos e quantitativos permite capturar esta complexidade, integrando dados mensuráveis com interpretações contextuais.

Além disso, a Hilti dispõe de informações detalhadas sobre os projetos realizados por clientes, incluindo métricas precisas de desempenho. Isso permite uma análise quantitativa robusta, enriquecida por dados qualitativos recolhidos nas reuniões e nos documentos analisados.

6. Limitações do estudo

Apesar do rigor metodológico, algumas limitações podem surgir. Principalmente, a dependência da qualidade dos dados fornecidos. O estudo baseia-se em dados concretos disponibilizados pela Hilti Portugal, cuja qualidade e abrangência podem variar. Dados incompletos ou inconsistentes podem limitar a profundidade da análise.

Existe também um foco em projetos de grande escala. A inclusão predominante de projetos de elevado investimento pode limitar a generalização dos resultados para obras de menor escala.

CAPÍTULO V – RELEVÂNCIA DO ESTUDO

O Building Information Modeling (BIM) tem o potencial de auxiliar as organizações de construção a melhorar a qualidade dos seus projetos, otimizar a eficiência da colaboração e reduzir os prazos e os custos associados à construção (Yu Cao, 2022). Por essa razão, o BIM tem emergido como uma das tecnologias mais promissoras para a transformação da indústria da construção, sendo amplamente adotado em grandes empresas e projetos de elevada complexidade.

Apesar do reconhecimento generalizado do seu potencial, a literatura académica ainda evidencia uma lacuna significativa de estudos quantitativos que demonstrem, de forma concreta, os benefícios financeiros e operacionais proporcionados pelo BIM, especialmente em grandes projetos de construção. Este estudo procura colmatar essa lacuna, apresentando uma análise abrangente, baseada em dados quantitativos e qualitativos, sobre o impacto do BIM na produtividade de obras realizadas por clientes da Hilti, uma das principais empresas fornecedoras de soluções inovadoras para o setor da construção.

1. Empresas Privadas

Para as empresas da construção civil, especialmente as que implementam ou estão a considerar implementar BIM, entender de forma clara os benefícios financeiros e operacionais dessa tecnologia é crucial. Este estudo oferece dados concretos que podem auxiliar os decisores a avaliar se o investimento em BIM se justifica no retorno financeiro, eficiência no cumprimento de prazos e melhoria na qualidade do produto final.

A análise de projetos de grande porte e elevado investimento proporciona insights valiosos para empresas que lidam com projetos complexos e que têm dificuldades em justificar o alto custo inicial do BIM. Ao fornecer evidências práticas e baseadas em dados reais, este estudo pode servir como base para decisões informadas e estratégias mais eficazes na adoção de tecnologias inovadoras no setor.

2. Academia

Este estudo contribui para a literatura existente sobre o impacto do BIM, preenchendo uma lacuna significativa. Apesar da crescente adoção da tecnologia, grande parte dos estudos existentes concentram-se em abordagens qualitativas, com uma análise limitada dos resultados mensuráveis. Com dados concretos provenientes de projetos reais, este estudo permite uma análise mais profunda e robusta, confrontando as expectativas

teóricas com a realidade dos projetos executados. Além disso, ao incorporar dados de diferentes localizações globais, este estudo amplia a compreensão dos efeitos do BIM em diferentes contextos culturais e económicos, oferecendo uma perspetiva internacional valiosa para futuras pesquisas na área.

3. Estado

O Estado, particularmente no contexto de políticas públicas relacionadas à modernização da construção civil e à digitalização da economia, pode beneficiar significativamente deste estudo. A implementação do BIM é incentivada por várias políticas e diretivas governamentais a nível global, incluindo a União Europeia, como parte de iniciativas para aumentar a produtividade e reduzir custos no sector.

Em abril de 2023, o Governo português aprovou legislação para criar uma plataforma única de licenciamento, com desmaterialização de procedimentos e obrigatoriedade do BIM, a partir de 2026 (Padrões e Normas BIM em Portugal, s.d.). 4 de abril de 2016, o governo do Reino Unido determina que todos os projetos do setor público tenham de implementar o nível 2 de BIM. Desde 2016, na Coreia do Sul, todos os projetos públicos superiores a US\$ 50 milhões requerem implementação do BIM. Em Singapura, são líderes mundiais do BIM e estão à frente na digitalização e automação da emissão de licenças de construção. Na Austrália, em 2012, o building SMART-AUS publicou uma estratégia nacional para o BIM, e desde 1 de julho de 2016, todos os projetos requerem BIM (BIM NO MUNDO, s.d.). Portanto, é sim relevante para o setor público compreender as implicações desta ferramenta no design das obras.

Este estudo fornece evidências que podem apoiar a formulação de políticas públicas e a criação de programas de incentivo ao uso de tecnologias digitais no sector da construção.

Além disso, a análise do impacto do BIM em projetos com grandes investimentos pode ajudar o Estado a avaliar a efetividade de suas políticas de incentivo ao uso de BIM e a promover melhores práticas na gestão de grandes projetos públicos, contribuindo para a melhoria da eficiência no setor público.

4. Indústria da Construção

Os dados agregados revelam uma queda significativa e prolongada na produtividade do sector da construção, ao longo de décadas. Este declínio, num sector de tal dimensão, tem tido um impacto relevante no crescimento da produtividade da economia como um todo (Austan Goolsbee, 2023).

Com a crescente pressão para reduzir custos e melhorar a eficiência, o Building Information Modeling (BIM) destaca-se como uma solução inovadora, capaz de transformar a forma como os projetos são planeados, executados e geridos. Este estudo contribui diretamente para a indústria ao fornecer dados concretos sobre os benefícios reais do BIM, particularmente no que diz respeito à otimização de tempo, redução de custos e melhoria da qualidade dos projetos.

Adicionalmente, ao comparar dados provenientes de diferentes localizações globais da Hilti, este trabalho oferece uma perspetiva abrangente sobre a implementação eficaz do BIM em diversos contextos e mercados. Esta abordagem permite à indústria consolidar uma base sólida de evidências, proporcionando aos decisores ferramentas fundamentais para adotarem o BIM de forma estratégica em novos projetos.

5. Social e Económica

A adoção do BIM pode também ter um impacto significativo a nível social e económico. Ao melhorar a eficiência na construção civil, o BIM pode contribuir para uma maior acessibilidade a infraestruturas de qualidade, redução do impacto ambiental das obras e maior competitividade das empresas do setor. Este estudo reforça a relevância do BIM ao analisar não só os benefícios operacionais, mas também o seu potencial para transformar o sector da construção em termos de sustentabilidade e inovação.

6. Desenvolvimento sustentável

Considerando o crescente foco em práticas sustentáveis e eficientes, a adoção do BIM tem o potencial de contribuir para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, nomeadamente no que diz respeito à “Indústria, Inovação e Infraestrutura” (ODS 9) e “Cidades e Comunidades Sustentáveis” (ODS 11) (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, s.d.).

O BIM tem demonstrado um enorme potencial para ser utilizado na fase de construção de edifícios verdes, que apresentam exigências mais rigorosas em comparação com os edifícios tradicionais. Entre estas exigências incluem-se a proteção ambiental, a eficiência energética e o conforto dos residentes (Yu Cao, 2022).

A utilização do BIM permite maior precisão no planeamento e execução, resultando em menor desperdício de materiais e otimização de recursos, contribuindo assim para uma construção mais eficiente e menos impactante para o ambiente.

CAPÍTULO VI – ANÁLISE E RESULTADOS

A presente análise tem por base dois conjuntos de dados e evidências complementares:

- O artigo técnico “Hilti – Why IDS”, apresentado no ptBIM 2024, que consolida dados quantitativos e qualitativos de múltiplos projetos desenvolvidos pela Hilti Portugal, todos com aplicação do Serviço de Dimensionamento Integrado (SDI) / metodologia BIM;
- Uma entrevista com Alexandre Marques, Engenheiro Civil com extensa experiência em implementação de BIM e funções de liderança na Hilti, atualmente Global Engineering Marketing Manager na sede da empresa no Liechtenstein.

O objetivo é examinar em detalhe o impacto destas práticas na fase de design de obras na construção civil, com especial foco nos efeitos na produtividade, qualidade e custo.

O artigo técnico será incluído nos anexos, assim como as respostas da entrevista realizada ao Alexandre Marques. A confidencialidade dos projetos será garantida na sua integridade, considerando vínculos contratuais entre a Hilti e as entidades dos projetos, que impossibilitam a sua caracterização (especialmente porque alguns dos projetos continuam a decorrer em fases de execução de obra). Já a caracterização do entrevistado, estará descrita na própria transcrição, sendo que existe consentimento de partilha dessa mesma informação.

Será usado apenas este estudo de caso, mas é importante considerar que é um estudo singular e de valor único no mercado, uma vez que a Hilti é líder no setor e um dos grandes motores globais na implementação de serviços de dimensionamento BIM, além de que abrange uma amostra praticamente total de todos os projetos com a metodologia em Portugal.

O BIM é uma metodologia de trabalho colaborativa que centraliza toda a informação de um projeto num modelo digital tridimensional, permitindo a coordenação das diferentes especialidades e a deteção precoce de conflitos (Karim EL Mounla, 2023). O SDI da Hilti corresponde a um serviço especializado de engenharia que combina modelação BIM em LOD 400 (nível de detalhe construtivo quase total) com cálculos e dimensionamentos personalizados, aplicados principalmente a suportes MEP — elementos estruturais que sustentam instalações mecânicas, elétricas e hidráulicas. Estes são conceitos relevantes consolidar antes da análise aos dados recolhidos.

Sendo o BIM ainda uma filosofia digital recente, como comprovado na revisão da literatura sobre as dificuldades de adoção ligadas à resistência cultural, custos iniciais e falta de padronização (Agnieszka Lesniak, 2021) (Muhammad Ali Musarat, 2022), foi possível que esta análise abrangesse praticamente todos os projetos em Portugal com este serviço. Assim sendo, passamos a analisar a poupança qualitativa. A síntese dos principais resultados obtidos a partir dos projetos analisados é apresentada na Tabela 1, demonstrando as variações médias observadas entre abordagens tradicionais (sem SDI/BIM) e metodologias integradas (com SDI/BIM).

Indicador	Sem SDI/BIM	Com SDI/BIM	Variação (%)
Número de suportes	100%	23%	-77%
Número de ancoragens	100%	33%	-67%
Tempo de instalação	100%	26%	-74%
Área necessária para manutenção	100%	50%	-50%
Custo do material (suportes)	100%	70%	-30%
Aproveitamento de material	100%	195%	+95%
Custo total do pacote	100%	60%	-40%
Produtividade na pré-fabricação	100%	170%	+70%

Tabela 1.: Poupanças efetuadas com SDI/BIM nos projetos da Hilti Portugal.

É importante clarificar que, quando aparece 100% na abordagem sem SDI/BIM, implica a quantidade total de material contabilizada pelos projetistas, definida como necessária para a execução de um determinado trabalho (pouca precisão e com excessos). Desse total, quando calculado em SDI/BIM, apenas uma percentagem é efetivamente obrigatória para a execução da obra (coluna 3). A variação, apresenta as poupanças efetuadas.

Podemos ainda analisar cada indicador, possibilitando a compreensão da variação (%) da poupança.

Redução do número de suportes (-77%)

Os **suportes MEP** são elementos estruturais que sustentam condutas, cabos e tubagens em edifícios e infraestruturas. Em cenários sem BIM, estes suportes são frequentemente dimensionados de forma genérica, levando à colocação de mais unidades do que o estritamente necessário, tanto por excesso de segurança como por ausência de otimização geométrica.

Com a aplicação do BIM, os suportes são desenhados com base no modelo tridimensional real da obra, com todos os elementos estruturais e instalações já posicionados, possibilitado por incorporação de uma visão 3D e RV/RA na fase de design. Isto permite eliminar redundâncias e reposicionar suportes para máxima eficiência. O resultado é uma redução média de 77% no número total de suportes, o que implica um menor custo direto em material, menos peso total instalado (importante para cargas estruturais) e uma redução significativa de tempo de montagem.

Alexandre Marques reforça que *“quanto mais cedo forem identificadas as necessidades reais, menos desperdício haverá em fases posteriores”*, sublinhando que esta economia de suportes é possível graças à integração total do design com a engenharia.

Este resultado confirma a literatura que associa o BIM a uma maior qualidade no planeamento e redução de retrabalho (Muhammad Ali Musarat, 2022).

Redução do número de ancoragens (-67%)

As ancoragens são pontos de fixação dos suportes à estrutura principal (paredes, tetos, vigas). Em métodos tradicionais, cada suporte é ancorado de forma independente, frequentemente com margens de segurança exageradas. Isto aumenta o tempo de perfuração e instalação, o custo de material (buchas, parafusos, resinas químicas) e o risco de erros na obra.

Com SDI/BIM, o número de ancoragens é reduzido em média 67% porque são usados sistemas de suporte contínuos que partilham pontos de ancoragem, além do modelo BIM permitir prever cargas e distribuições ideais. A pré-fabricação também garante peças à medida, com menos pontos de fixação.

Segundo Alexandre Marques, *“a coordenação entre especialidades no BIM permite que cada furo seja planeado, evitando colisões e retrabalho”*.

Redução do tempo de instalação (-74%)

O **tempo de instalação** mede o período necessário para montar todos os suportes e ancoragens previstos no projeto. Nos métodos tradicionais, várias ineficiências prolongam este tempo, como a falta de coordenação entre equipas no local, fornecimento de suportes genéricos que exigem cortes e adaptações em obra, além da necessidade de resolver conflitos não previstos entre instalações diferentes (mecânicas, elétricas, hidráulicas).

O SDI/BIM altera este cenário porque permite uma pré-fabricação planeada (peças chegam à obra já cortadas, furadas e etiquetadas segundo o modelo), gera uma sequência de instalação otimizada (o modelo define a ordem lógica de montagem para minimizar interferências) e permite também a redução de quantidade de elementos (menos suportes e ancoragens significa menos trabalho físico).

O resultado é uma diminuição média de **74% no tempo de instalação**. Alexandre Marques destaca *“Quando o modelo BIM é feito em LOD 400, os desenhos e listas de materiais são tão claros que as equipas em obra praticamente não têm dúvidas. Isso reduz paragens e elimina a improvisação”*.

Redução da área necessária para manutenção (-50%)

A **área para manutenção** refere-se ao espaço físico que deve ser reservado ao redor dos sistemas instalados (condutas, cabos, tubagens) para que seja possível intervir no futuro. Em projetos sem modelação detalhada, é comum deixar áreas excessivamente grandes por precaução, reduzindo o espaço útil disponível. Ocorrerem também sobreposições de zonas de manutenção de sistemas diferentes, aumentando desperdício de espaço.

Com SDI/BIM, as dimensões e posições dos sistemas são precisas no modelo digital, o planeamento garante que cada sistema tem apenas o espaço mínimo necessário

para manutenção e a coordenação entre especialidades evita duplicação de áreas reservadas.

Isto gera **50% de redução média na área total de manutenção** — uma vantagem significativa sobretudo em edifícios com restrições espaciais ou custos elevados de área (como hospitais ou data centers, alguns dos projetos inclusive em análise no artigo da Hilti).

Alexandre Marques sublinha “*O espaço é dinheiro. Quando conseguimos reservar apenas o que é necessário e onde é necessário, estamos a otimizar o ativo desde o primeiro dia*”.

Redução do custo do material (suportes) (-30%)

O **custo do material** considera o valor pago pelos suportes MEP, sem incluir outros elementos como mão-de-obra ou ferramentas. Nos métodos tradicionais o excesso de suportes aumenta proporcionalmente a despesa, além de que a compra de peças genéricas pode implicar maior custo por não estar otimizada a quantidade e o tipo. Além disso, os desperdícios em obra raramente são reutilizados, até por questões legais (lixo industrial).

Com SDI/BIM, cada suporte é projetado especificamente para a função e localização, reduz-se o número total necessário, o corte e a pré-fabricação otimizam o uso da matéria-prima, minimizando desperdício.

Segundo Alexandre Marques “*Quando conseguimos dimensionar exatamente o que é preciso e produzir com zero desperdício, o impacto no orçamento é imediato*”.

Aumento do aproveitamento de material (+95%)

O **aproveitamento de material** mede a proporção entre material utilizado efetivamente na obra e o material adquirido. Em abordagens convencionais, este valor é prejudicado por erros de corte em obra, ajustes imprevistos e descarte de peças por incompatibilidade dimensional.

No SDI/BIM, o planeamento detalhado permite produzir apenas o necessário, nas medidas exatas, também a pré-fabricação em ambiente controlado reduz erros de corte e defeitos, além de que o modelo garante que as peças encaixam na primeira instalação.

O aumento médio de **95% no aproveitamento de material** representa não só ganhos económicos, mas também benefícios ambientais significativos, pela redução de resíduos.

Redução do custo total (-40%)

O **custo total** engloba material, mão-de-obra, logística e eventual retrabalho. Em métodos tradicionais, mesmo que se consiga negociar bons preços de material, a falta de integração entre projeto e execução gera custos adicionais.

Com SDI/BIM reduzem-se todos os custos diretos (menos material, menos horas de instalação), minimiza-se o retrabalho (erro corrigido antes de chegar à obra) e a logística é otimizada (entregas programadas conforme avanço real).

Alexandre Marques destaca que este valor “*varia com a complexidade do projeto, mas tende a ser mais expressivo em obras de grande dimensão*”.

Aumento da produtividade na pré-fabricação (+70%)

A **produtividade na pré-fabricação** refere-se à quantidade de componentes produzidos e preparados para instalação num determinado período. Sem BIM, a pré-fabricação é limitada pela falta de informação precisa — muitas peças só podem ser fabricadas depois de medições em obra.

Com SDI/BIM, é possível fabricar antes mesmo de iniciar a montagem no local, reduz-se o tempo total do projeto, pois produção e obra avançam em paralelo. Além de que a qualidade é mais consistente, pois a produção é controlada em fábrica.

Segundo Alexandre Marques “*Quando antecipamos a produção com base num modelo totalmente validado, estamos a encurtar prazos e a melhorar a qualidade final.*”

Em síntese, os resultados evidenciam que a aplicação do SDI/BIM proporciona ganhos expressivos de produtividade, qualidade e sustentabilidade na fase de concepção e execução das obras, respondendo assim à questão de investigação. A redução de suportes, ancoragens e tempos de instalação traduz-se em poupanças diretas de custos e em maior eficiência de recursos, enquanto o aumento do aproveitamento de material e da pré-fabricação reforça o contributo ambiental positivo da metodologia. Contudo, o estudo evidencia também que este impacto não é absoluto, mas condicional, pois depende de fatores organizacionais, económicos e culturais. O BIM deve, portanto, ser entendido como uma ferramenta técnica, mas também como uma mudança paradigmática que exige alinhamento estratégico, investimento em competências e visão de longo prazo.

Estes resultados estão em linha com a literatura internacional (Lesniak, 2021; Musarat, 2022; Yu Cao, 2022) e confirmam o potencial do BIM como instrumento de transformação digital no setor da construção civil portuguesa.

CAPÍTULO VII – DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A análise dos dados provenientes do artigo técnico *Hilti – Why IDS* e da entrevista ao Eng.º Alexandre Marques evidencia impactos significativos da metodologia BIM e do Serviço de Dimensionamento Integrado (SDI) na fase de design da construção civil. Contudo, mais do que confirmar a questão de investigação inicial, estes resultados permitem refletir criticamente sobre o modo como o BIM opera como vetor de transformação, sobre as barreiras ainda existentes e sobre o alinhamento (ou divergência) em relação ao que a literatura académica tem demonstrado.

Produtividade e eficiência

A redução média de 74% no tempo de instalação e o aumento de 70% na produtividade da pré-fabricação superam largamente as médias reportadas em revisões internacionais, que apontam ganhos entre 10% e 30% (Tabinda Chowdhury, 2019). Tal discrepância pode ser interpretada como evidência de que a adoção de workflows especializados como o SDI, associados ao BIM em nível de detalhe elevado (LOD 400), potencia ganhos acima da média, sobretudo em contextos com elevada complexidade técnica e múltiplas especialidades a coordenar (Muhammad Ali Musarat, 2022).

Deste modo, o caso português analisado confirma o que a literatura refere como fator decisivo: quanto mais complexo o projeto, mais evidente o ROI do BIM. Ao mesmo tempo, valida-se o argumento de Alexandre Marques de que projetos simples não conseguem rentabilizar a metodologia com igual intensidade.

Algo a considerar é que estes dados são oriundos de uma única empresa, com equipas já altamente capacitadas e com metodologias internas otimizadas para gerir a metodologia digital BIM, além de que utilizamos como estudo de caso apenas obras acima de 100M€ de investimento inicial. É possível que a magnitude dos ganhos não seja facilmente replicável em empresas com menor maturidade digital, confirmando a crítica quanto à dificuldade de generalizar resultados do BIM sem considerar o contexto organizacional (Muhammad Ali Musarat, 2022).

Assim, os resultados devem ser lidos como cenários de fronteira, que indicam o potencial máximo alcançável, mas não necessariamente a realidade média do setor.

Custos e sustentabilidade

Os resultados também demonstram reduções expressivas nos custos. Menos 30% em materiais e menos 40% no custo total. A literatura já apontava o BIM como chave na previsibilidade orçamental e redução de desperdícios (Agnieszka Lesniak, 2021), mas o dado empírico aqui reunido amplia essa evidência ao quantificar a poupança.

Ainda mais relevante é o aumento de 95% no aproveitamento de material, que demonstra não apenas eficiência económica, mas também ganhos ambientais. O BIM deve ser visto como ferramenta de sustentabilidade (Yu Cao, 2022), e os dados da Hilti Portugal fornecem prova concreta dessa perspetiva, posicionando o BIM como alavanca de competitividade num setor cada vez mais pressionado por objetivos ambientais.

Uma leitura crítica permite ir além do aspeto técnico: esta poupança ambiental pode ser convertido em capital simbólico e vantagem competitiva através do marketing digital, algo que não é suficientemente explorado pela literatura de engenharia, mas que conecta o BIM às estratégias de comunicação empresarial. Ou seja, o impacto do BIM não se esgota na obra, mas prolonga-se na forma como os resultados são narrados ao mercado e aos stakeholders.

Barreiras persistentes

Apesar dos ganhos objetivos, as barreiras identificadas na literatura continuam presentes. Destacam os custos iniciais, a falta de padronização e a resistência cultural como entraves (Muhammad Ali Musarat, 2022). A entrevista confirma esta leitura: Alexandre Marques refere que o ROI é “facilmente obtido” em grandes projetos, mas que em empreendimentos simples os custos não se justificam. Esta constatação reforça a visão de que o BIM não deve ser interpretado como solução universal, mas sim como tecnologia cujo impacto depende do enquadramento e da escala.

Resumindo, os dados nacionais confirmam as principais tendências descritas pela literatura internacional, mas revelam que a aplicação de serviços especializados (SDI) e a maturidade do BIM podem elevar os ganhos a níveis ainda mais expressivos. Tal facto sugere que, em contextos organizacionais preparados e em projetos de grande

complexidade, o BIM não é apenas uma melhoria incremental, mas uma verdadeira inovação disruptiva no setor da construção.

Ainda assim, as barreiras são ainda bastante consideradas ao longo do processo de decisão para adotar ou não a metodologia. A investigação evidencia que o BIM não é apenas uma ferramenta técnica, mas uma mudança paradigmática dependente de fatores técnicos, organizacionais e culturais. O seu impacto, portanto, não é absoluto, mas condicional.

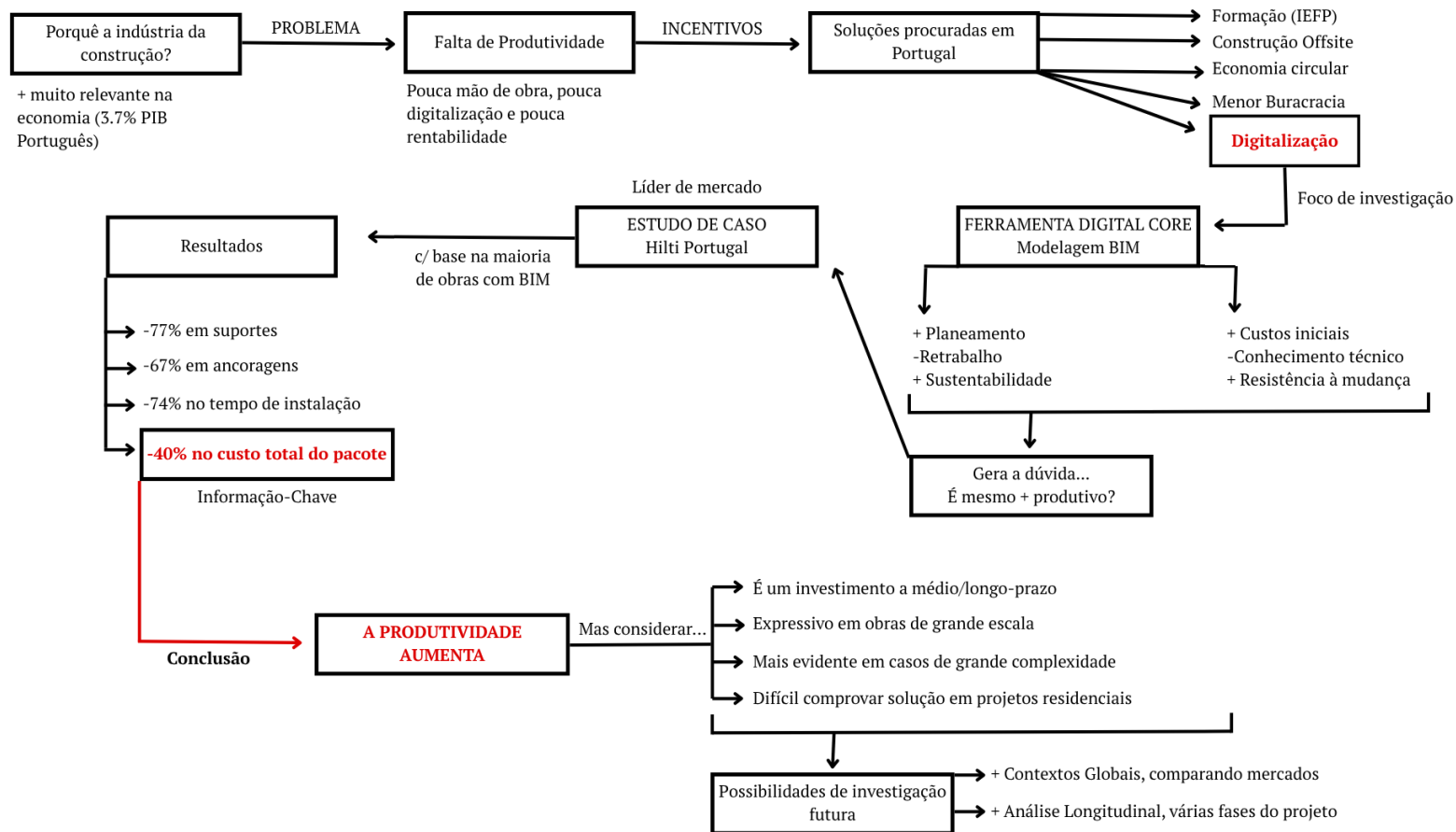


Figura 2.: Fluxograma síntese.

O fluxograma de síntese apresentado, de forma visual, representa toda a lógica teórica que estrutura a investigação e as relações causais entre os principais conceitos estudados: o problema da baixa produtividade na construção civil, os incentivos de transformação do setor, a digitalização como vetor de mudança e, por fim, a aplicação da metodologia BIM como solução prática e teórica para o aumento da produtividade.

Na parte superior do fluxograma identifica-se o problema central, que é a baixa produtividade da indústria da construção. Esta situação é explicada pela literatura como

um fenómeno persistente, resultante de processos fragmentados, escassez de mão de obra qualificada, ausência de coordenação entre especialidades e baixa taxa de inovação tecnológica. Estes fatores interligam-se num ciclo que compromete a eficiência e o crescimento económico do setor. O fluxograma mostra que, a partir desta problemática, emergem diversas respostas ou incentivos estruturais, entre os quais se destacam a formação profissional, a construção offsite, a economia circular e a digitalização. Entre estas possibilidades, a digitalização surge como o vetor mais promissor e transversal, pois atua não apenas sobre os processos produtivos, mas também sobre a cultura organizacional e a sustentabilidade das empresas.

No fluxo seguinte, o esquema ilustra a passagem do plano macroeconómico e estrutural para o plano operacional e tecnológico, onde a digitalização se concretiza através da metodologia Building Information Modeling (BIM). O BIM representa, neste modelo teórico, o ponto de convergência entre inovação tecnológica e produtividade. A ligação entre os blocos “Digitalização” e “BIM” no fluxograma simboliza esta transição: de uma tendência global de transformação digital para uma aplicação prática específica na construção.

A partir daí, o fluxograma estabelece uma nova correlação — entre o BIM e a produtividade — sustentada pela questão de investigação de que a adoção desta metodologia contribui positivamente para a eficiência da fase de design das obras. Este eixo central do diagrama representa a relação causal principal da tese: a implementação do BIM conduz a ganhos de produtividade, traduzidos em redução de custos, tempos e desperdícios. Os resultados empíricos confirmam esta ligação, demonstrando reduções médias de 77% no número de suportes, 67% nas ancoragens, 74% no tempo de instalação e 40% no custo total do pacote. Estes indicadores validam teoricamente a linha que, no fluxograma, liga o “Impacto do BIM” aos “Ganhos de Produtividade”, reforçando que a metodologia não é apenas uma ferramenta de modelação, mas uma transformação sistémica da forma de conceber e gerir projetos.

Contudo, o fluxograma também reflete as relações de moderação identificadas no estudo — as barreiras à adoção que interferem no impacto do BIM. Estas barreiras, representadas lateralmente no esquema, incluem fatores humanos, financeiros, metodológicos, de gestão e tecnológicos. A sua presença no modelo teórico indica que o efeito positivo do BIM sobre a produtividade é condicional, ou seja, depende da capacidade das organizações em ultrapassar limitações como custos iniciais, falta de

padronização e resistência cultural à mudança. Esta relação é fundamental para compreender que o impacto do BIM não é linear nem automático: exige maturidade digital, planeamento estratégico e formação contínua.

O fluxograma conclui estabelecendo uma relação descendente entre o aumento da produtividade obtido com o BIM e os impactos económicos e sociais mais amplos. A melhoria da eficiência na fase de design gera ganhos financeiros diretos para as empresas, mas também promove sustentabilidade ambiental, redução de resíduos e cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, nomeadamente o ODS 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura) e o ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis). Assim, a última secção do esquema sintetiza a ideia de que o impacto do BIM ultrapassa o plano técnico e se projeta num contexto de modernização e competitividade do setor da construção.

Deste modo, o texto explicativo do fluxograma confirma as correlações teóricas e empíricas representadas no diagrama: o problema da baixa produtividade conduz à procura de incentivos estruturais, entre os quais se destaca a digitalização, que se operacionaliza através da metodologia BIM. Esta, por sua vez, impacta positivamente a produtividade quando implementada com maturidade e integrada em estratégias organizacionais adequadas, embora o efeito seja moderado por barreiras contextuais. O resultado é um incremento de inovação e eficiência que contribui não só para o aumento da produtividade da construção, mas também para a sustentabilidade e competitividade económica do setor.

Implicações Teóricas e Práticas

Relativamente às implicações teóricas, os resultados deste estudo reforçam a literatura existente sobre o impacto do BIM na produtividade da construção civil, especialmente na fase de design. A evidência empírica recolhida confirma as conclusões de autores como Musarat (2022) e Lesniak (2021), que associam a adoção do BIM a melhorias significativas de eficiência e qualidade do projeto.

No entanto, o presente trabalho avança para além da teoria ao quantificar de forma objetiva os ganhos associados à aplicação do SDI/BIM, revelando reduções médias de 30% a 77% nos custos de material e números de suportes, e aumentos expressivos de

produtividade na pré-fabricação (+70%) e aproveitamento de material (+95%). Estes resultados contribuem para o corpo teórico existente ao demonstrar empiricamente a correlação direta entre o nível de maturidade BIM e a produtividade na fase de design, fornecendo evidências concretas que podem ser utilizadas para refinar modelos conceituais de produtividade no setor. Além disso, a integração entre modelação BIM em LOD 400 e processos de engenharia detalhada propõe uma nova perspetiva sobre o papel da modelação digital como ferramenta de decisão técnica, e não apenas de visualização, o que amplia o entendimento académico sobre a função estratégica do BIM na gestão de projetos.

Relativamente às implicações práticas, os resultados obtidos apresentam implicações diretas para as empresas, projetistas, fabricantes e gestores de obra. Em primeiro lugar, a adoção do SDI/BIM revela-se uma estratégia eficaz de aumento da produtividade e redução de custos, demonstrando que o investimento inicial na metodologia é compensado por ganhos tangíveis na fase de execução. Assim, as empresas de construção e engenharia podem utilizar estes resultados como referência para avaliar o retorno do investimento (ROI) das soluções BIM. Em segundo lugar, a evidência empírica indica que a pré-fabricação aliada ao BIM é um dos principais vetores de eficiência, devendo ser integrada desde as fases iniciais de planeamento. Esta prática permite antecipar a produção, reduzir o desperdício e otimizar os cronogramas, o que é particularmente relevante em obras complexas, como hospitais e centros de dados. Em terceiro lugar, as reduções verificadas no número de suportes, ancoragens e na área de manutenção reforçam a importância da coordenação interdisciplinar entre especialidades desde o design. Isto sugere a necessidade de investir na formação e desenvolvimento de competências BIM em todas as equipas envolvidas. Por fim, os resultados deste estudo podem servir de referência para as políticas públicas e normativas técnicas em Portugal, evidenciando o valor da normalização e da integração digital como meios para aumentar a competitividade do setor da construção a nível europeu.

A presente investigação permite concluir que a implementação do Building Information Modeling (BIM), sobretudo quando aliada ao Serviço de Dimensionamento Integrado (SDI), gera benefícios claros e mensuráveis na fase de design das obras de construção civil. As lições aprendidas e os ganhos quantitativos observados são inequívocos: registaram-se reduções entre 30% e 77% em diferentes indicadores de custo e tempo, bem como aumentos de 70% a 95% em métricas de produtividade e aproveitamento de recursos. Estes resultados evidenciam que o BIM não constitui apenas uma ferramenta tecnológica, mas um verdadeiro agente transformador de processos, capaz de redefinir a forma como os projetos são concebidos, planeados e executados.

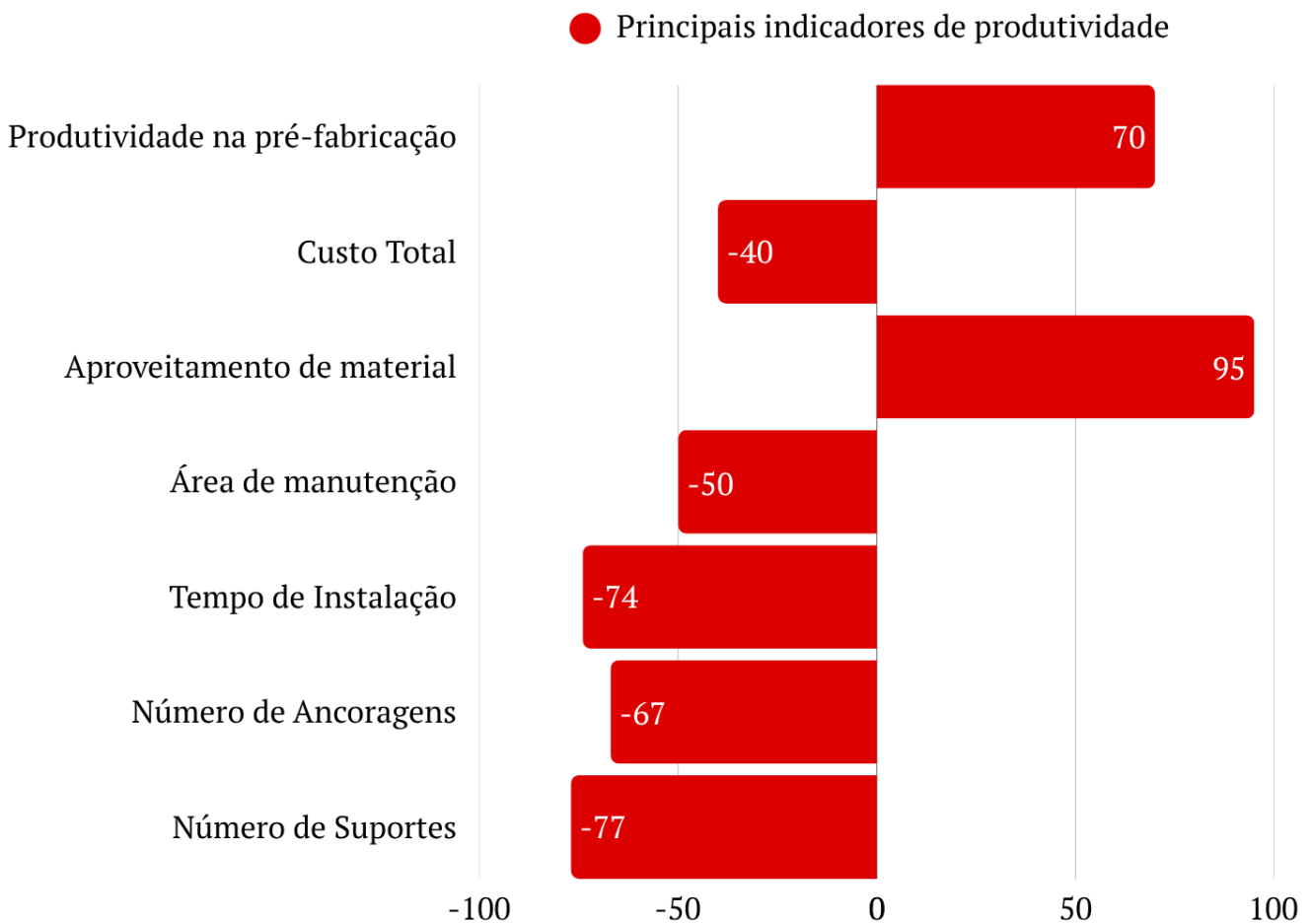


Figura 3.: Síntese da análise dos principais indicadores de produtividade.

Comprovou-se que o valor estratégico do BIM deve ser encarado como um investimento de médio e longo prazo, e não como uma simples solução de curto alcance operacional. O retorno do investimento (ROI) revela-se mais expressivo em projetos de elevada complexidade técnica, nos quais o nível de coordenação interdisciplinar é mais exigente e os riscos de incompatibilidades são maiores. Nesses contextos, o BIM demonstra o seu potencial máximo, permitindo uma gestão integrada e inteligente da informação, promovendo a redução de erros, o aumento da previsibilidade e a otimização global dos recursos disponíveis.

No domínio da sustentabilidade, a redução de desperdício e o aumento do aproveitamento de material colocam o BIM como uma das tecnologias-chave para a transição verde no setor da construção. A metodologia contribui diretamente para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas, nomeadamente no que se refere à eficiência de recursos, à inovação e à criação de infraestruturas resilientes. Ao reduzir o retrabalho, otimizar o consumo de materiais e permitir o planeamento mais rigoroso das operações, o BIM materializa na prática os princípios da economia circular e do desenvolvimento sustentável.

Outro aspeto fundamental identificado nesta investigação é o momento da adoção da metodologia. Os resultados demonstram que quanto mais cedo o BIM é introduzido no ciclo de vida de um projeto — idealmente na fase conceptual — maiores são os ganhos obtidos em termos de eficiência, coordenação e controlo de custos. Esta constatação reforça a importância de uma mudança de paradigma no setor: em vez de encarar o BIM como uma ferramenta de apoio técnico tardia, deve-se reconhecê-lo como parte integrante da estratégia de desenvolvimento e planeamento de qualquer empreendimento.

Ainda assim, este estudo apresenta limitações que devem ser reconhecidas. A análise empírica baseou-se num conjunto de projetos realizados por uma única empresa (Hilti Portugal), o que reduz a diversidade de contextos e limita a generalização dos resultados. Além disso, não foi possível caracterizar individualmente os projetos devido a cláusulas de confidencialidade, restringindo a granularidade e a comparabilidade da análise. A evidência qualitativa, embora valiosa, assenta numa única entrevista, ainda que realizada com um profissional altamente qualificado e com envolvimento direto em todos os projetos portugueses incluídos no estudo. Estas limitações, contudo, não invalidam os resultados obtidos; pelo contrário, reforçam a necessidade de alargar futuras

investigações a outros contextos organizacionais e geográficos, de modo a consolidar o corpo de conhecimento existente sobre o tema.

Com base nas lições e limitações deste trabalho, abrem-se diversas possibilidades de investigação futura. Uma linha de continuidade particularmente relevante seria a realização de estudos comparativos entre diferentes países, tipologias de obras (infraestruturas, habitação, reabilitação, edificação pública) e dimensões de projeto. Essa análise permitiria compreender melhor a rentabilidade e a escalabilidade do BIM em múltiplos contextos, bem como identificar fatores culturais, regulatórios e técnicos que influenciam o seu sucesso.

De igual modo, propõe-se o desenvolvimento de análises longitudinais, capazes de medir o impacto do BIM não apenas na fase de design, mas também nas fases subsequentes de construção, operação e manutenção. Deste modo, seria possível avaliar o verdadeiro retorno global da metodologia ao longo de todo o ciclo de vida dos empreendimentos. O dimensionamento digital, no âmbito desta metodologia, ultrapassa a mera conceção estrutural, exercendo influência em todas as etapas de um projeto — desde a modelação inicial até à gestão de ativos — e todas essas fases merecem uma exploração aprofundada.

Adicionalmente, abre-se um campo promissor de estudo na integração de tecnologias emergentes com o BIM, nomeadamente a inteligência artificial, a realidade aumentada e o digital twin. A convergência entre estas tecnologias poderá redefinir o modo como o setor da construção gere informação, prevê riscos e toma decisões. Embora os dados empíricos ainda sejam incipientes, a tendência é clara: a digitalização e a automação continuarão a acelerar, e o BIM será o núcleo estruturante dessa transformação.

Outro vetor de investigação interessante prende-se com o impacto cultural e organizacional da adoção do BIM. Cada organização apresenta diferentes graus de maturidade digital, e compreender como estas variáveis influenciam a aceitação e eficácia da metodologia é essencial para garantir o sucesso das políticas de implementação. A comparação entre países onde o uso do BIM já é obrigatório e contextos onde ainda é voluntário poderá oferecer perspectivas valiosas sobre os modelos de gestão da mudança e de formação de competências.

Em síntese, os resultados desta investigação confirmam a questão de investigação formulada: **o impacto do BIM na produtividade da fase de design na construção civil é positivo, significativo e sustentável**. Os benefícios superam amplamente as barreiras associadas à sua adoção, demonstrando que o investimento em digitalização e coordenação integrada não é apenas vantajoso, mas necessário para garantir a competitividade do setor.

Assim, esta dissertação contribui de forma concreta para a consolidação do conhecimento sobre o BIM em Portugal, oferecendo evidência quantitativa e qualitativa de elevado valor para académicos, técnicos e decisores. Ao demonstrar o potencial real do BIM e do SDI na melhoria da produtividade e da sustentabilidade, este estudo reforça a importância de uma visão estratégica orientada para a inovação e para a transformação digital da construção civil. O futuro do setor dependerá da capacidade coletiva de integrar tecnologia, conhecimento e colaboração — princípios que o BIM simboliza e operacionaliza com eficácia comprovada.

Para além das conclusões técnicas e dos resultados mensuráveis deste estudo, considero essencial refletir sobre o contexto mais amplo da digitalização da construção em Portugal e na Europa. Na minha perspetiva, os incentivos provenientes da União Europeia serão determinantes para acelerar a adoção do BIM, sobretudo através de medidas fiscais e financeiras que tornem o investimento mais acessível às empresas. Em vários países europeus, a obrigatoriedade da utilização de BIM em projetos públicos de grande dimensão revelou-se um catalisador de mudança estrutural, e acredito que Portugal deve seguir esse exemplo.

No entanto, esta transição não se resume a poupar tempo ou reduzir custos. Num mundo cada vez menos sustentável, gerir melhor os recursos é uma obrigação coletiva, e o BIM assume aqui um papel fundamental ao promover precisão, segurança e eficiência em todas as fases do projeto. A produtividade no setor, contudo, depende de múltiplas variáveis — muitas das quais não foram exploradas nesta dissertação — como a escassez de mão de obra qualificada, os modelos de contratação e a resistência cultural à inovação. Estes desafios devem ser objeto de estudos futuros e de políticas que incentivem a modernização das práticas.

Pela experiência profissional que possuo na indústria, observo ainda que o mercado português, apesar do seu potencial, continua a ser pouco apelativo para grandes

empreendimentos internacionais, como data centers ou infraestruturas tecnológicas, que permanecem casos isolados. É essencial criar condições que tornem o país mais competitivo e atrativo para investimentos deste tipo. Finalmente, considero que a resistência à mudança, tanto no setor público como privado, continua a ser uma barreira importante. A Hilti, enquanto empresa de inovação, sente diretamente essa dificuldade num mercado envelhecido e conservador. O futuro da construção nacional dependerá, em grande parte, da capacidade de ultrapassar essas barreiras e de transformar a digitalização em cultura — e não apenas em tecnologia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdulsalam Alsofiani, M. (2024). Digitalization in Infrastructure Construction Projects: A PRISMA-Based Review of Benefits and Obstacles. Obtido de <https://arxiv.org/abs/2405.16875>
- Agnieszka Lesniak, M. G. (2021). Barriers to BIM Implementation in Architecture, Construction, and Engineering Projects—The Polish Study. Obtido de https://www.researchgate.net/publication/350778537_Barriers_to_BIM_Implementation_in_Architecture_Construction_and_Engineering_Projects-The_Polish_Study
- Ahmed, S. (2018). Barriers to Implementation of Building Information Modeling (BIM) to the Construction Industry: A Review. Obtido de https://www.researchgate.net/publication/325253434_Barriers_to_Implementation_of_Building_Information_Modeling_BIM_to_the_Construction_Industry_A_Review
- Arabi, K. (2023). *How Revolutionary Tech in Construction is Changing the Game?* Obtido de Neuroject: <https://neuroject.com/revolutionary-tech-in-construction/>
- Asitha Rathnayake, D. M. (2023). Analysing the Impact of Construction Flow on Productivity. Obtido de https://www.researchgate.net/publication/372027603_Analysing_the_Impact_of_Construction_Flow_on_Productivity
- Austan Goolsbee, C. S. (2023). THE STRANGE AND AWFUL PATH OF PRODUCTIVITY IN THE U.S. CONSTRUCTION SECTOR. Obtido de https://www.researchgate.net/publication/367186037_The_Strange_and_Awful_Path_of_Productivity_in_the_US_Construction_Sector
- Bahr, M., & Laszig, L. (2021). Productivity development in the construction industry and human capital: a literature review. Obtido de <https://arxiv.org/abs/2104.00129>
- BIM NO MUNDO*. (s.d.). Obtido de BIMmda: <https://bimmda.com/pt/bim-no-mundo>
- Garcia, D., & Molloy, R. (2025). *Reexamining Lackluster Productivity Growth in Construction*. Obtido de <https://www.federalreserve.gov/econres/feds/files/2023052r1pap.pdf>

- Goolsbee, A., & Syverson, C. (2024). The Strange and Awful Path of Productivity in the U.S. Construction Sector. Obtido de <https://www.nber.org/papers/w30845>
- Hong Wong, J., Rashid, A., & Arashpour, M. (2020). Evaluating the Impact of Building Information Modeling on the Labor Productivity of Construction Projects in Malaysia. Obtido de <https://www.mdpi.com/2075-5309/10/4/66>
- Karim EL Mounla, D. B. (2023). Lean-BIM Approach for Improving the Performance of a Construction Project in the Design Phase. Obtido de https://www.researchgate.net/publication/368945720_Lean-BIM_Approach_for_Improving_the_Performance_of_a_Construction_Project_in_the_Design_Phase
- Muhammad Ali Musarat, A. S. (2022). A Systematic Review on Enhancement in Quality of Life through Digitalization in the Construction Industry. Obtido de <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/1/202>
- Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.* (s.d.). Obtido de *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*: <https://ods.pt/ods/>
- Padrões e Normas BIM em Portugal.* (s.d.). Obtido de IberCAD: <https://www.ibercad.pt/padroes-e-normas-bim-em-portugal.html>
- Papadonikolaki E., K. I. (2020). DIGITAL TRANSFORMATION IN CONSTRUCTION: SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW OF EVOLVING CONCEPTS . Obtido de https://www.researchgate.net/publication/344994093_Digital_transformation_in_construction-Systematic_literature_review_of_evolving_concepts
- Sergey Sinenko, P. H. (2020). The implementation of BIM in construction projects. Obtido de https://www.researchgate.net/publication/341156449_The_implementation_of_BIM_in_construction_projects
- Tabinda Chowdhury, J. A. (2019). Review of digital technologies to improve productivity of New Zealand construction industry. Obtido de https://www.researchgate.net/publication/337735035_Review_of_digital_technologies_to_improve_productivity_of_New_Zealand_construction_industry

Yu Cao, S. N. (2022). A Systematic Review of Green Building Development in China: Advantages, Challenges and Future Directions. Obtido de https://www.researchgate.net/publication/364048409_A_Systematic_Review_of_Green_Building_Development_in_China_Advantages_Challenges_and_Future_Directions

Anexo I – Transcrição Entrevista com Alexandre Marques

Parte 1 – Experiência Profissional

1. Qual é a tua função atual e a tua experiência com a metodologia BIM, tanto na Hilti como em contextos profissionais anteriores?

“Realizei a minha tese de Mestrado em BIM – “Implementação de metodologias BIM na Direção de Engenharia de Barragens da EDP: Casos de estudo de projeto de estruturas em obras Hidroelétricas” – vencedora do premio de melhor tese BIM em Portugal em 2015 e 2016.

Posteriormente, a minha primeira experiência foi no âmbito de programação de API da plataforma BIM Revit para permitir a modelação de objetos complexos. Depois, como projetista de estruturas modele estruturas de diferentes projetos. Juntei-me posteriormente a Hilti, ficando responsável pelo lançamento e execução dos Serviços de Engenharia BIM no mercado português”.

2. Na Hilti, como é que trabalham esta metodologia com os clientes?

“Na Hilti, apoiamos os nossos parceiros que já trabalham em projetos em que a metodologia BIM esta integrada. Nesse sentido, trabalhamos com um nível de desenvolvimento elevado (LOD 400 em contexto BIM), onde fazemos o dimensionamento e modelação das estruturas de apoio a sistemas MEP – mecânicos, elétricos e hidráulicos. Quando o modelo BIM é feito em LOD 400, como na Hilti, os desenhos e listas de materiais são tão claros que as equipas em obra praticamente não têm dúvidas. Isso reduz paragens e elimina a improvisação”.

3. Em que fases de uma obra e para que tipos de projetos aplicaste fluxos de trabalho BIM?

“Apliquei a metodologia BIM nas fases de projeto ou dimensionamento e também na fase de apoio a obra”.

Parte 2 – Produtividade

3. Na tua experiência, de que forma a implementação de BIM impacta a produtividade, especificamente durante a fase de desenho do projeto?

“O BIM, na minha opinião, antecipa potenciais problemas na fase de projeto que, caso contrário, seriam identificados apenas em obra (e.g. coordenação de especialidades). Assim, quanto mais cedo forem identificados os erros de projeto, menor é o impacto no custo global do projeto. Também quanto mais cedo forem identificadas as necessidades reais, menos desperdício haverá em fases posteriores. A coordenação entre especialidades no BIM permite que cada furo seja planeado, evitando colisões e retrabalho”.

4. Quais são os processos específicos de uma obra que mais beneficiam com a integração do BIM?

“Quase todos os processos são melhorados – projeto e mais detalhado e com maior qualidade, orçamentação menos propensa a erros, execução fica mais facilitada com maior qualidade de desenhos, quantidades e melhor coordenação entre especialidades. Pouparamos espaço de trabalho e dimensionamos com extrema precisão. O espaço é dinheiro. Quando conseguimos reservar apenas o que é necessário e onde é necessário, estamos a otimizar o ativo desde o primeiro dia, e quando conseguimos dimensionar exatamente o que é preciso e produzir com zero desperdício, o impacto no orçamento é imediato”.

Parte 3 – Otimização de Custos e Investimento

5. Apesar de a adoção do BIM muitas vezes implicar um investimento inicial significativo (software, formação, tempo de modelação), consideras que o retorno do investimento a longo prazo justifica o custo?

“Varia com a complexidade do projeto, mas tende a ser mais expressivo em obras de grande dimensão. Para projetos de grande dimensão e complexidade, o retorno deverá ser facilmente obtido com poupanças globais do projeto. Para projetos habitacionais simples, diria que não”.

6. Na tua perspetiva, que tipos de custos são mais eficazmente controlados graças ao BIM?

“A lista de trabalhos e quantidades é mais rigorosa, reduzindo erros de orçamento. Custos de má coordenação de especialidades também são reduzidos em fase de obra. Quando antecipamos a produção com base num modelo totalmente validado, estamos a encurtar prazos e a melhorar a qualidade final”.

Parte 4 – Desafios de Implementação e Perceção do Mercado

7. Quais foram os principais desafios enfrentados pela tua equipa ou organização aquando da implementação do fornecimento de serviços de dimensionamento BIM?

“A indústria da construção é muito tradicional, estando a produtividade do setor estagnada há vários anos. Além disso, é difícil de standardizar, visto que cada projeto é um protótipo. O custo do software, para pequenas e médias empresas também é uma barreira”.

8. Na tua opinião e experiência com clientes Hilti, quais são as barreiras mais comuns que ainda impedem as empresas de adotar o BIM nas suas obras?

“As empresas preferem manter-se na receita que resultou nas últimas décadas. No mercado português, em específico, os projetos são de dimensão baixa a média, e os donos de obra e o governo não fazem um pull para terem BIM no projeto”.

Parte 5 – Avaliação Global

9. Com base na tua experiência profissional até à data, dirias que os benefícios globais da implementação do BIM superam as desvantagens, na generalidade dos projetos de construção? Ou acreditas que existem tipologias de projeto específicas em que se adequa?

“Acredito que a abrangência do BIM seja cada vez mais global, em termos de geografia e tipos de projeto. Neste momento o retorno é mais claro em projetos de grande dimensão e complexidade, mas uma vez que a indústria se torne mais confortável com a metodologia de trabalho, acredito que a implementação surja também em projetos mais correntes. Há exemplos no mercado português, em que as empresas tornaram a metodologia BIM no processo de trabalho standard (A400, DST, Casais) e usam em projetos mesmo quando não é mandatário, e torna-se uma vantagem competitiva na indústria”.

Anexo II – Artigo Hilti

<https://www.hilti.pt/engineering/article/porque-considerar-um-servico-de-dimensionamento-integrado/yxoenr>

PORQUÊ CONSIDERAR UM SERVIÇO DE DIMENSIONAMENTO INTEGRADO? O NOSSO PERCURSO PARA UMA INTEGRAÇÃO TOTAL DE SOLUÇÕES DE PROJETO DIGITAL

Alexandra Calheiros⁽¹⁾, Carlos Corbi⁽²⁾, Lubos Michalik⁽³⁾

(1) Hilti Portugal, Portugal

(2) Hilti France, Paris

(3) Hilti Nederland B.V., Rotterdam

Resumo

Na indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), o aparecimento e a rápida adoção das soluções digitais representam uma mudança transformadora que tem profundas implicações na forma como os projetos são concebidos, projetados, executados e geridos. O BIM está na vanguarda desta revolução digital, é uma representação digital abrangente das características físicas e funcionais de um edifício. O BIM permite que arquitetos, engenheiros e empreiteiros colaborem sem problemas, reduzindo os erros, melhorando a eficiência e melhorando a comunicação ao longo do ciclo de vida do projeto.

O Serviço de Dimensionamento Integrado desenvolvido pela Hilti com foco nos suportes de instalações MEP, surge para combinar a metodologia BIM & *Plant Design* com Gestão de Projetos através de Soluções Digitais reunindo as várias especialidades e partes interessadas para trabalharem de forma coesa num projeto desde o seu início até à conclusão. Esta integração, encoraja uma abordagem holística à resolução de problemas, envolvendo especialistas de várias disciplinas, assegurando que todos os aspetos de um projeto são considerados, conduzindo a soluções mais específicas, abrangentes e inovadoras. Adicionalmente, aproveita as vantagens de ter cada parte interessada a trabalhar no seu próprio nível de especialização.

Este documento explora os benefícios reais de uma integração total de soluções de projeto digital de suportes MEP através do Serviço de Dimensionamento Integrado, especialmente em projetos complexos de grande dimensão. Os casos apresentados neste artigo evidenciam como a integração digital apoia ativamente uma colaboração total entre todas as partes envolvidas, permite uma otimização do dimensionamento através da realização de um dimensionamento específica e não apenas de um dimensionamento geral do projeto, assegurando que as soluções satisfazem as necessidades reais do projeto na fase de execução. Como o fluxo de trabalho é totalmente integrado, todas as soluções de dimensionamento são enviadas para a fase de modelação, assegurando que nenhuma informação é perdida durante o processo. Esta integração entre a conceção específica e a modelação executada pelo fornecedor é um ponto estratégico fundamental para o sucesso do projeto, assegurando que todos os materiais necessários são incluídos no projeto, proporcionando precisão e uma ligação real entre a fase de conceção e a fase de modelação. Além disso, apoiará a logística através de uma lista de

materiais precisa, de modo que a disponibilidade de stock e a pré-fabricação possam ser geridas antecipadamente, com menos surpresas durante a fase de execução.

Em conclusão, o serviço de dimensionamento integrado é essencial para alcançar resultados de projeto bem-sucedidos, eficientes e sustentáveis, especialmente quando as soluções de engenharia e a modelação são executadas pela mesma entidade.

1. Dimensionamento integrado promovendo a colaboração em grandes projectos

O objetivo da Hilti é tornar a construção melhor, trabalhando de forma mais simples, rápida e segura, com produtos, sistemas, software e serviços que proporcionam um claro valor acrescentado. Esta mentalidade leva a empresa a investir cerca de 6% das vendas anuais em investigação e desenvolvimento [1].

A investigação levada a cabo pela McKinsey mostra que 98% dos megaprojectos sofrem derrapagens de custos superiores a 30% e 77% têm um atraso de pelo menos 40%. Muitos fatores podem justificar a fraca produtividade observada na indústria da construção, incluindo alguns dos seguintes [1]:

- Má organização
- Comunicação inadequada
- Gestão do desempenho deficiente
- Planeamento insuficiente

Para além dos pontos acima mencionados, a engenharia no local é também um fator que diminui significativamente a produtividade na indústria. O Serviço de Dimensionamento Integrado é mais um passo no sentido do apoio total à produtividade do projeto através do BIM & *Plant Design* para uma experiência de projeto adequada e eficiente, desde a conceção à execução.

Cada projeto tem as suas próprias partes interessadas específicas, pelo que, para tornar a experiência com qualidade e escalável, é obrigatório fornecer uma orientação adequada sobre como todas as pessoas envolvidas podem trabalhar ativamente sem perderem o seu próprio sentido de função e responsabilidade durante o ciclo de vida do projeto. Assim, a “integração” tornou-se a palavra-chave para o futuro.

De acordo com o PMBOK, o ciclo de vida da gestão de um projeto consiste em 5 fases distintas, incluindo iniciação, planeamento, execução, monitorização e encerramento, que se combinam para transformar uma ideia de projeto num produto funcional [2]. Para a indústria da construção, é possível resumir que um projeto de construção tem, em geral, 4 fases, incluindo a pré-conceção, a conceção, a execução/construção e a manutenção.

Atualmente, o mercado está totalmente ciente dos Serviços de Engenharia Transacionais liderados por Engenheiros para apoiar a conceção durante o projeto. Estes Serviços Transacionais de Engenharia não são um Serviço Integrado, uma vez que se centram apenas na solução standard que cobre todas as necessidades técnicas do projeto, em vez de estudarem cada uma das soluções específicas que reduzem o custo e evitam soluções sobredimensionadas. Por outro lado, as Soluções Integradas de Projeto combinam soluções pontuais diferenciadas com a Oferta Totalmente Integrada. A Oferta Totalmente Integrada é um Serviço de Dimensionamento Integrado que compreende uma avaliação metódica das diferentes soluções de dimensionamento individuais e específicas tendo por base os documentos contratuais de projeto com o âmbito, entregas e modo de trabalho claramente e previamente acordados.

- **Serviço de dimensionamento integrado**

O Serviço de Dimensionamento Integrado (SDI) é um serviço que deve ser desenvolvido idealmente desde a fase de pré-design, permitindo que a fase de construção seja alcançada com todos os suportes MEP dimensionados, modelados e prontos a serem instalados com segurança, produtividade e sustentabilidade. É composto por quatro fases apoiadas por uma equipa com conhecimentos profundos em termos de produtos (incluindo soluções de fixação e suporte MEP e soluções passivas de corta-fogo), engenharia (dimensionamento e modelação) e gestão de projects. O SDI começa com uma Análise Prévia para avaliar o projeto global no que diz respeito aos suportes MEP, incluindo uma estimativa do custo e do tempo de todo o esforço de dimensionamento. A Equipa Hilti trabalha numa lógica de otimização do projeto no interesse de uma conceção, modelação e adjudicação simples, instalação produtiva e processos de inspeção fiáveis [1]. O serviço inicia-se após a aprovação e aceitação da Análise Prévia. Em seguida, inicia-se a fase de dimensionamento, passando de um dimensionamento concetual para um dimensionamento específico, em que todas as necessidades terão uma solução específica com relatórios de engenharia e listas de materiais individuais. Cada solução individual irá gerar um *Input To Modeler* e todos os suportes MEP que foram projetados estão prontos para serem modelados e integrados no modelo. O SDI também suporta e promove um modelo sem conflitos com LOD400.

Como benefícios da SDI, identificámos seis principais ganhos de produtividade, a que chamamos "BIM Use-cases":

- Otimização do dimensionamento: com o estudo de diferentes soluções e a adoção de suportes multi-especialidade específicos;
- Pré-fabricação: possibilitada pelos desenhos de fábrica e modelos coordenados;
- Logística avançada: Coordenar a logística com a lista de materiais;
- Validação: melhor gestão da documentação e acompanhamento do estaleiro através do modelo BIM (não abordado neste artigo);
- BIM para o terreno;
- Field to BIM (não abordado neste artigo).

O SDI é um serviço assente na parceria, uma vez que o seu desenvolvimento necessita de um modelo MEP bem coordenado e desenvolvido por outra entidade parceira, com todos os pressupostos definidos e alinhados entre todas as partes. Este processo de colaboração permite otimizar as soluções, aumentar a eficiência e conduzir a um projeto mais inovador. Tem um impacto maior em projetos complexos e de grande dimensão, onde um processo imperfeito e ineficaz tem um grande impacto na calendarização e, conseqüentemente, no orçamento final, tal como descrito neste artigo.

2. Soluções de dimensionamento integradas com engenharia

O SDI Hilti foi implementado em todo o mundo como uma norma global, pelo que, independentemente da localização do projeto, o fluxo de trabalho interno mantém-se. Esta normalização global fez com que a Hilti fosse certificada com a ISO 19650, uma norma internacional que define os processos colaborativos para a gestão da informação ao longo de todo o ciclo de vida de um ativo construído utilizando a modelação da informação da construção (BIM).

O processo da Hilti em termos de SDI baseia-se num forte conhecimento de engenharia e na comunicação com o cliente para satisfazer o seu pedido, tendo em conta três conceitos básicos.

- Otimização de custos

- Tempo de instalação
- Coordenação MEP

2.1 Conceitos de engenharia do SDI

2.1.1 Conceitos de engenharia do SDI

Hilti é especialista em sistemas de suporte, proteção passiva contra incêndios e fixações. O conhecimento e a experiência dos engenheiros da equipa Hilti fornecem soluções otimizadas, reduzindo o custo dos materiais utilizados em cada uma das aplicações. Cada uma das diferentes soluções é apresentada ao cliente, para que este discuta o processo de instalação que irá seguir. Isto faz com que a Hilti não seja apenas um fornecedor, mas também um parceiro com o serviço personalizado que presta.

As soluções multi-especialidade podem ser aplicadas, otimizando o espaço, o tempo e o custo do material necessário para cada um dos sistemas MEP, caso fosse feito individualmente. Através da experiência em vários projetos, ficou claro que a otimização das soluções tem impacto no tempo de instalação e no custo do material que pode ser reduzido até 30%, reduzindo também a quantidade de desperdício e aproveitando até 95% do material.



Figura 1 – Otimização de custos impulsionada por uma abordagem colaborativa através do SDI.

2.1.2 Tempo de instalação

O custo da mão de obra tem aumentado nos últimos anos, a par com uma diminuição do conhecimento e da experiência no sector da construção, sendo esta a principal razão pela qual devemos reduzir ao máximo o tempo de execução de um projeto. O SDI ajuda os subempreiteiros MEP a evitar erros no local de obra e a prevenir problemas com antecedência, uma vez que estes são resolvidos numa fase inicial de projeto durante a definição de soluções. Numa fase inicial do projeto, são apresentadas ao dono da obra soluções flexíveis, tais como sub-estruturas, elementos embebidos (HAC-C) ou soluções multi-especialidade que diminuem o tempo de instalação e reduzem a quantidade de pontos de fixação ao material base existente.



Figura 2 – Soluções flexíveis avaliadas para melhorar o tempo de instalação.

2.1.3 Coordenação MEP

Como já foi referido anteriormente neste artigo, “quanto mais cedo melhor”, a Hilti não se limita a criar suportes para modelos “congelados” disponibilizados pelos nossos parceiros que verificaram a deteção de conflitos entre as especialidades MEP e os elementos de arquitetura. O SDI desenvolvido pela Hilti funciona como um consultor uma vez que também verifica e aconselha sobre a viabilidade e os problemas da coordenação real e fornece soluções globais.

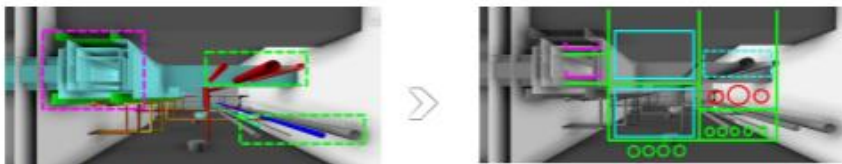


Figura 3 – Reorganização da instalação MEP aconselhada pela Hilti para melhorar a organização MEP e otimizar a solução de suportagem.

Existe uma falta de conhecimento no mercado relativamente ao sistema de suporte e aos conceitos de engenharia que devem ser aplicados. Muitas vezes, a equipa de engenharia Hilti depara-se com situações em que não existe uma coordenação lógica em termos de conhecimentos de engenharia como por exemplo situações em que o material de base não foi concebido para suportar as cargas e/ou não existe espaço suficiente para colocar os suportes. São nestes casos que os engenheiros Hilti da equipa SDI se tornam um parceiro valioso para dar a visão de engenharia de suportes às restantes equipas do projeto.

2.2 Processo de engenharia do SDI

O processo de engenharia da Hilti no SDI começa com um *input* do parceiro, o ficheiro do projeto com toda a informação necessária para a conceção do suporte. É nesta fase que se discute a coordenação para fazer modificações e apresentar desenhos conceptuais básicos para encontrar a solução otimizada para o parceiro.

Uma vez acordado o projeto conceptual, o passo seguinte consiste em provar tecnicamente a viabilidade do projeto com o software de cálculo interno da Hilti e os dados técnicos dos diferentes itens a utilizar. A solução é transferida para outro engenheiro interno para um processo de QA/AC e discussão.

Esta solução é transferida para uma equipa interna de modelação da Hilti com conhecimentos específicos sobre o portfólio da Hilti. O desenho é modelado e implementado no projeto parceiro seguindo as instruções dadas pelo BLE (BIM Lead Engineer). Após a implementação, é efetuado outro QA/QC para verificar a viabilidade da solução da equipa de engenharia (BLE).

Após a conclusão do processo de QA/QC, é o momento de enviar o pacote de saída ao parceiro, que contém:

- LPU: lista de materiais com o número exato de produtos que vão ser utilizados no projeto ou área, esta informação é facilmente extraída do *Revit* devido à qualidade dos dados das famílias *Revit* desenvolvidas internamente pela Hilti.
- Desenhos de projeto: Um desenho específico para cada um dos suportes implementados na área, com dimensões detalhadas e uma lista dos materiais a utilizar.
- Plantas de desenho: Uma planta da zona com as distâncias exatas entre os suportes e a identificação de cada um. Esta informação é exportada diretamente do projeto *Revit*, pelo que tem precisão suficiente para localizar as soluções no local.

2.3 Desafios de engenharia e modelação sem SDI

Neste artigo, foi abordado o processo de SDI da Hilti para grandes projetos que fornece a certificação ISO 19650, mas há casos em que o SDI não é implementado na íntegra e a modelação não é feita pela Hilti. Uma das principais desvantagens quando a modelação é efetuada por outra entidade externa é o facto de a Hilti não ser responsável por esta etapa e, por conseguinte, o processo não seguir a norma.

Nos próximos capítulos, serão abordadas algumas das desvantagens de não se efetuar o pacote completo de SDI.

2.3.1 Otimização do dimensionamento

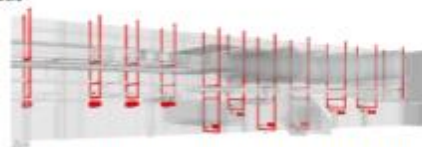
Num projeto sem SDI, o processo de validação das soluções técnicas (designadas por tipologias) consiste em efetuar o dimensionamento do pior caso encontrado e, em seguida, identificar a área onde a tipologia será implementada. Esta situação também acontece quando a execução do modelo de suportes é executada por uma entidade externa, uma vez que a mesma não tem conhecimento sobre as limitações de engenharia dos suportes, impossibilitando o controlo (QA/QC) dos desenhos que são implementados no projeto, e por isso, em algumas áreas onde a solução pode ser otimizada para reduzir o custo, isso não é feito nem detetado pela entidade externa. Isto pode resultar num custo adicional para o material e em soluções não otimizadas.

Uma empresa sem conhecimento do portfólio e sem conhecimentos sobre as limitações de engenharia irá sobrecarregar o modelo com suportes, o que levará a um desperdício de material e a um projeto não produtivo em termos de tempo e de custos. No caso do projeto abaixo, é possível ver no cenário a) um corredor com excesso de suportes, modelados por uma entidade externa. E no cenário b) é o mesmo corredor desenvolvido por um SDI completo com a Hilti onde apenas foram implementados os suportes necessários.



Cenário a) sem abordagem SDI

- Número de suportes: 1.223 unidades
- Número de ancoragens: 4.892 unidades



Cenário b) com abordagem SDI

- Número de suportes: 408 unidades (-77%)
- Número de ancoragens: 1.632 unidades (-67%)

Figura 4 – Caso de projeto: Otimização do dimensionamento apenas possível através do SDI

A utilização do SDI permite uma integração total entre o dimensionamento específico e a modelação, o que conduz a uma diminuição de 77% do número de suportes em obra, o que tem um impacto significativo durante a fase de execução e, conseqüentemente, no orçamento final do projeto.

2.3.2 Precisão e detalhe da modelação

O nível de detalhe e precisão do projeto permite à Hilti através do SDI definir até ao milímetro os cortes dos perfis/calhas, do varão roscado e as alturas dos suportes. Normalmente, a Hilti fornece um LOD 400 com todos os pormenores, adicionando ao modelo todo o material necessário.

Este nível de pormenor nem sempre é fornecido por entidades externas que executam apenas a modelação, uma vez que como não fornecem os produtos e não têm todo o conhecimento técnico de engenharia e montagem, não possuem o conhecimento necessário destas aplicações e de todas as informações necessárias para a definição e montagem do suporte. Sem este nível de detalhe de modelação e a informação que fornece, o projeto não terá uma lista de materiais completa e precisa, tornando impossível acompanhar e analisar o estado do projeto em termos de orçamento e também fornecer todos os materiais necessários no estaleiro, criando um problema logístico com impacto que pode comprometer o planeamento da construção, uma vez que os suportes são a primeira especialidade a iniciar a obra.



Figura 5 – Nível de detalhe fundamental para garantir a precisão e detalhe dos desenhos de projeto na fase de execução

2.3.3 Informações no modelo para fornecer o resultado correto para o BIM to Field

O projeto Hilti SDI executado em *Revit* fornece toda a informação para a lista de materiais, que pode ser facilmente dividida por áreas, se necessário (dependendo do planeamento do projeto). Isto permite que o parceiro tenha uma melhor compreensão do projeto e das soluções aplicadas. Se for um terceiro a executar a modelação, como já mencionado, podem faltar muitas informações durante o processo, por exemplo, os diferentes comprimentos dos perfis/calhas, os varões roscados ou as quantidades de peças necessárias para efetuar uma ligação específica entre os elementos do suporte.

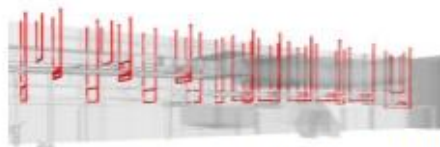
Este tipo de informação, que pode ser verificada no interior das nossas famílias, foi desenvolvido com uma equipa de engenharia para fornecer as ferramentas necessárias para acompanhar e implementar as soluções. Além disso, permite uns entregáveis meticulosos e exatos para a obra, uma vez que são desenvolvidos por uma equipa com os conhecimentos adequados no que diz respeito, por exemplo, ao corte do perfil/calha, garantindo que, durante a

montagem do suporte, o espaço livre para colocar as abraçadeiras de tubos e os outros elementos será feito de acordo com o modelo, evitando erros na obra.

3. Execução do projeto apoiada pelo SDI

Durante a execução do projeto, todas as vantagens das soluções de dimensionamento integrada são visíveis. Como já foi referido, no SDI teremos uma solução específica por necessidade e tipologia MEP em vez de termos uma solução conceptual para toda a instalação MEP. Este fluxo de trabalho aumentará a transparência das soluções e o principal objetivo é otimizar as soluções tanto quanto possível. Esta otimização é garantida pelo estudo de diferentes soluções (soluções específicas) e pela adoção de suportes multi-especialidade, implementando apenas o número de suportes necessários. O facto de não estarmos a trabalhar com soluções conceptuais utilizando o pior cenário possível tem um grande impacto na quantidade de material fornecido que pode ser facilmente traduzido no orçamento final. A conceção específica também terá um impacto na produtividade da obra durante a instalação, uma vez que as soluções são concebidas para serem mais sustentáveis, utilizando a quantidade de material mais otimizada possível.

Após o dimensionamento específico, procedemos à modelação e, em seguida, à execução do entregáveis adequados para enviar a informação para o local da obra. Este processo de trabalho do serviço permite-nos ter um conhecimento completo do projeto, antecipar as necessidades e acompanhar de forma consistente o ritmo de execução da obra em termos de logística. Abaixo é possível ver mais informações sobre a execução do projeto (tempo de instalação e área disponível para otimização da manutenção) utilizando SDI.



Cenário a) sem abordagem SDI

- Número de suportes: 1.223 unidades
- Número de ancoragens: 4.892 unidades
- Tempo de instalação: 244,60 horas
- Área reservada para manutenção: 1.541 m³



Cenário b) com abordagem SDI

- Número de suportes: 408 unidades (-77%)
- Número de ancoragens: 1.632 unidades (-67%)
- Tempo de instalação: 65 horas (-74%)
- Área reservada para manutenção: 777 m³ (-50%)

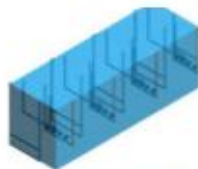


Figura 6 - Caso de projeto: Otimização da execução apenas possível através de SDI

A utilização do SDI permite uma integração total entre o projeto específico e a modelação, o que conduz a uma redução de custos de 40% e a uma transparência total da lista de materiais necessários. Só com o SDI é possível controlar a otimização dos custos do projeto, uma vez que todas as soluções são estudadas, otimizadas e disponibilizadas no modelo para acompanhamento e validação durante o projeto por todas as partes interessadas.

3.1 Pré-fabricação

Atualmente, os projetos demoram mais tempo do que o inicialmente previsto e é difícil encontrar mão de obra qualificada para a produção no local. A maioria dos elementos é cortada e montada no local de trabalho, o que pode levar aos seguintes problemas:

- Corte no local de trabalho envolve riscos de segurança
- Desafios para garantir o material certo nas quantidades certas
- Consumo de tempo e de espaço

Para enfrentar os desafios descritos, a pré-fabricação está a desempenhar um papel importante, especialmente nos grandes projetos. A pré-fabricação adota a padronização e a modularização como fatores-chave para a produtividade da execução do projeto e, como já mencionado, é um caso de uso fornecido pelo SDI. A pré-fabricação significa que os suportes dimensionados podem ser parciais ou totalmente montados numa fábrica em ambiente de produção e não no local da obra. Os casos de estudos Hilti demonstraram que o pré-fabrico pode aumentar a produtividade do local de trabalho até 70% em termos de poupança combinada de tempo e material. Além disso, o pré-fabrico promove uma maior segurança durante a instalação e as soluções de construção conforme projetadas [1]. A implementação de SDI em grandes projetos, adicionando o pré-fabrico, conduz a um maior impacto na produtividade e na poupança de custos. Desde a fase de projeto, os engenheiros (BLE) podem definir a solução específica com o conceito de modularização, essa solução estará pronta para a pré-fabricação e, em seguida, durante a fase de modelação, são consideradas todas as considerações para criar um entregável específico para as unidades de pré-fabricação. A pré-fabricação diminui a quantidade de erros de execução e aumenta a qualidade, sendo possível desenvolver nas soluções seguintes soluções que melhoram claramente a produtividade do projeto:

- Pré-montagem: Suporta a montagem em ambiente de produção otimizada.
- Corte: Elementos com o comprimento exato pretendido
- Kitting: o material necessário, embalado na quantidade correcta

3.2 Logística avançada e disponibilidade de stock

Como mencionado neste artigo, a logística avançada é impulsionada pelo SDI. Um projeto bem-sucedido é avaliado por dois fatores principais: soluções otimizadas e material necessário entregue de acordo com o planeamento da construção. Por essa razão, é obrigatório acompanhar o planeamento da construção, certificando-se de que o material é entregue a tempo, sem comprometer o calendário de execução e sem entregar todo o material de uma só vez, ocupando espaço no estaleiro que muitas vezes é limitado. Por conseguinte, os gestores de projetos gastam muito tempo a manter a transparência sobre o progresso e as informações da cadeia de abastecimento. A informação em tempo real ao longo do processo da cadeia de abastecimento é um fator-chave de sucesso [1].

O Serviço de Dimensionamento Integrado Hilti através da execução de modelo em LOD400 possui todas as informações do projeto centralizadas e precisas, pelo que é possível extrair uma Lista de Materiais precisa por zonas, localizações e áreas de projeto, permitindo uma comunicação e colaboração com a equipa de Logística (Hilti), com total transparência relativamente a todo o material necessário numa localização específica do projeto, num prazo específico. O modelo BIM será a base das entregas estruturadas, garantindo a informação para:

- Planeamento de entregas sequenciais e agrupadas
- Entregas na hora certa

- Seguimento e rastreio em todas as etapas com etiquetas personalizadas



Figura 7 - Plataforma piloto de Logística Avançada num projeto de controlo logístico com o modelo BIM Hilti LOD400

4. Principais conclusões do nosso percurso através do SDI

O serviço de dimensionamento integrado é a chave para um projeto bem-sucedido, especialmente para projetos complexos e de grande dimensão. Neste tipo de projetos, uma falha e/ou um processo ineficaz tem um grande impacto no planeamento e, consequentemente, no orçamento final. Através da nossa experiência em vários projetos, ficou claro que a otimização das soluções tem impacto no tempo de instalação e no custo do material que pode ser reduzido até 30%, reduzindo também a quantidade de resíduos e aproveitando até 95% do material. O facto de o SDI não trabalhar com soluções conceptuais utilizando o pior cenário possível tem um grande impacto na quantidade de material fornecido. Uma vez que o SDI garante uma integração total entre o projeto específico e a modelação, conduz a uma poupança de custos de 40% e a uma transparência total da lista de materiais necessários. Só com o SDI é possível controlar a otimização dos custos do projeto, uma vez que todas as soluções são estudadas, otimizadas e disponibilizadas no modelo para acompanhamento e validação por todos os intervenientes durante o projeto.

Um projeto sem SDI em que a modelação é executada por uma terceira empresa sem conhecimentos de engenharia nem conteúdos do portfólio específico irá sobrecarregar o modelo, cometendo erros na implantação dos suportes em termos de quantidade e localização que conduzem a um impacto negativo no orçamento final, e no planeamento de construção devido à baixa qualidade dos entregáveis. O exposto, também irá gerar uma lista final de materiais não controlada, afetando a transparência das quantidades de materiais afetadas ao projeto necessária para a gestão da disponibilidade de stock. A sustentabilidade do projeto será certamente afetada de forma negativa sem a utilização total do SDI, uma vez que será utilizado mais material que o necessário para cumprir com o projeto.

References

- [1] Cerny, Pavel and Marques, Alexandre, "Redeeming BIM's Promise in Practice: Integrative Planning with Hilti as a Partner", PTBIM 3º Congresso Português de Building Information Modelling, Porto, pp. 123-124, November 2020.
- [2] PMBOK Guide (Project Management Body of Knowledge) by the Project Management Institute (PMI)
- [3] Hilti, Hilti BIM Services, accessed January 13, 2020, <https://www.hilti.group/content/hilti/CP/XX/en/services/engineering/BIM.html>.
- [4] ISO 19650-1: 2019, Organization and digitalization of information about buildings and civil Engineering works, including building information modelling (BIM).