

Transformação digital da indústria da construção e gestão global de projetos com recurso a aplicações informáticas

André Gouveia dos Reis

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Civil
(mestrado integrado)

Orientador: Prof. Doutor João Carlos Gonçalves Lanzinha

outubro de 2021

Folha em branco

Agradecimentos

Foi um percurso longo, de muitas alegrias, de algumas tristezas, cheio de altos e baixos mas que guardarei para sempre na memória como uma das maiores aventuras que vivi até hoje, que de uma forma ou de outra contribuíram decididamente para o meu desenvolvimento profissional e sobretudo pessoal.

Se a realização deste trabalho de dissertação é hoje uma realidade é inegavelmente pela força do alento que várias pessoas me transmitiram, não permitindo, nem por um segundo, baixar os braços. Assim, quero agradecer do fundo do coração,

À FinalCad, pela amabilidade na disponibilização da plataforma colaborativa.

Ao promotor imobiliário, pela disponibilidade e apoio prestado durante todo o processo de acompanhamento da obra analisada no caso prático.

Ao Professor Doutor João Carlos Gonçalves Lanzinha, orientador deste trabalho, por todo o conhecimento e apoio prestado ao longo de todo o meu percurso académico e, em particular, na elaboração da presente dissertação. Se não fosse pela determinação, pela confiança e motivação que me transmitiu não sei se seria capaz de terminar este ciclo.

Aos meus avós, maternos e paternos, por todas as manifestações de carinho e força que me deram ao longo de toda a vida, ensinando-me que nada na vida é garantido e que só com muito trabalho e dedicação poderemos ser alguém na vida.

À minha irmã, pelo jeito carinhoso e ao mesmo tempo quase excêntrico com que sempre me motivou.

Aos meus pais, por acreditarem desde o início nas minhas capacidades e incutindo-me princípios fundamentais para a minha vida académica, profissional e pessoal, como a dedicação, persistência, determinação e humildade. Estou igualmente grato também pela paciência ao longo de todo o percurso, nos bons e nos maus momentos.

Por último, mas não menos importante, à Filipa, a pessoa que amo, que me apoiou incondicionalmente e me deu força em todos os momentos em que poderia estar a fraquejar.

Folha em branco

Resumo

A indústria da construção é um dos maiores setores económicos no mundo, empregando mais de 100 milhões de pessoas e gerando faturações superiores a 9 triliões de euros anualmente.

No entanto, é um setor que está longe de acompanhar o crescimento global da produtividade de outros setores, sobretudo pela dificuldade, e até mesmo resistência, em implementar medidas e ferramentas que lhe permitam definitivamente avançar para uma transformação digital.

Assim, continua-se a assistir sistematicamente à desorganização e falta de estratégia na gestão e controlo dos diferentes processos da construção, provocando regularmente perdas de informação entre diferentes intervenientes, inexistência de controlo “in loco” da execução dos projetos, provocando inúmeras vezes incapacidade na previsão de falhas no cumprimento da calendarização de obra ou até mesmo dos custos previstos.

Com esta dissertação pretendeu-se identificar todas as condicionantes e limitações em obra, quer em matéria de recursos humanos, produção ou financeiros. Tem ainda como objetivo a apresentação de soluções tecnológicas, desde a mais simples até à mais complexa, que permitam mitigar estas mesmas condicionantes e limitações, permitindo a otimização de recursos humanos, materiais e financeiros.

De forma a credibilizar o estudo realizado, foi utilizada uma aplicação informática de gestão na construção a um caso real, através da cooperação com uma empresa da área. Tal situação permitiu exemplificar como poderá ser simples a sua aplicação e ainda apresentar resultados práticos da mesma, identificando assim oportunidades de melhoria e crescimento para os profissionais do setor da construção.

Palavras-chave: Transformação digital; Indústria da Construção; Gestão de Obras; Gestão de Projetos; Tecnologia e Inovação na Construção.

Folha em branco

Abstract

The construction industry is one of the largest economic sectors in the world, employing more than 100 million people and generating sales of more than 9 trillion euros annually.

However, it is a sector that is far from following the global productivity growth of other sectors, mainly due to the difficulty, and even resistance, in implementing measures and tools that will definitely allow it to move towards a digital transformation.

Under these circumstances, the construction industry continues to be in a systematic disorganization and with a lack of strategy in the management and control of the different construction processes, regularly causing loss of information between different stakeholders, inexistence of on-site control of the execution of the projects, causing many times incapacity in forecast of failures to comply with the work schedule or even the estimated costs.

With this dissertation it is intended to identify all the constraints and limitations in the work, whether in terms of human resources, production or financial. It also aims to present technological solutions, from the simplest to the most complex, that allow to mitigate these same conditions and limitations, allowing the optimization of human, material and financial resources.

In order to give credibility to the study, a management application will be used in a real case study, through cooperation with a construction's company. This situation will allow us to exemplify how its application could be simple and still present practical results of it, thus identifying opportunities for improvement and growth for professionals in the construction sector.

Keywords: Digital transformation; Construction Industry; Construction Management; Project management; Technology and Innovation in Construction Area.

Folha em branco

Índice

1 Introdução	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objetivos	2
1.3 Metodologia	2
1.4 Organização da dissertação	3
2 A importância da digitalização na indústria	5
2.1 O desenvolvimento histórico do setor	5
2.2 Indústria 4.0: o conceito	6
2.3 Os pilares de desenvolvimento da indústria 4.0	7
2.3.1 Fabricação Aditiva	8
2.3.2 Internet das Coisas / <i>Internet of Things</i> / <i>Internet of Services</i>	9
2.3.3 Robots Autónomos	10
2.3.4 Realidade Aumentada	12
2.3.5 Simulação Virtual	12
2.3.6 <i>Cloud Computing</i>	13
2.3.7 <i>Big Data</i>	13
2.3.8 Integração horizontal e vertical dos sistemas	14
2.3.9 Segurança Cibernética	14
2.4 O impacto da Indústria 4.0	14
2.5 Planos governamentais e institucionais para a implementação da Indústria 4.0	15
3 A Indústria da Construção Civil	17
3.1 Caracterização da situação atual da indústria da Construção Civil	17
3.2 A resistência da Indústria da Construção à transformação digital	20
3.3 Os pilares da Construção Civil 4.0	21
3.4 Vantagens da digitalização da indústria da construção	24
4 Aplicações de apoio à gestão global de projetos/obra	25
4.1 Caracterização das aplicações de projeto e de gestão de obra	25
4.2 Metodologia BIM – Da fase de conceção à execução em obra	26
4.2.1 As dimensões do BIM	27
4.2.2 Conceito de níveis de Desenvolvimento e de Detalhe	29
4.2.3 Vantagens na integração da metodologia BIM	30
4.2.4 Softwares com metodologia BIM	31

4.3 Plataformas colaborativas de gestão de informação centralizada – o futuro da gestão de projetos	32
4.3.1 As funcionalidades das plataformas colaborativas na gestão de projetos	33
4.3.2 Vantagens na utilização de plataformas colaborativas de gestão de informação centralizada	36
4.3.3 Principais ferramentas colaborativas de gestão de informação centralizada	37
5 Caso prático: Aplicação de plataforma colaborativa de gestão de informação centralizada em empreendimento na Covilhã	40
5.1 Enquadramento e caracterização do empreendimento	40
5.1.1 Enquadramento do empreendimento	40
5.1.2 Caracterização programática do projeto	42
5.1.3 Caracterização do sistema construtivo adotado	45
5.1.4 A fragmentação do processo construtivo – identificação de todos os intervenientes em obra	46
5.1.5 Classificação do nível de digitalização no processo construtivo	47
5.2 Identificação das contrariedades em obra	49
5.3 Aplicação do <i>FinalCad</i> como ferramenta colaborativa em obra	51
6 Conclusões	63
6.1 Conclusões Gerais	63
6.2 Conclusões relativamente ao caso prático	64
6.3 Proposta de trabalhos futuros	64
Bibliografia	65

Lista de Figuras

Figura 2.1 - As quatro Revoluções Industriais. (Wert Ambiental, 2019).	6
Figura 2.2 - Os Pilares da Indústria 4.0 (Santos & Alberto, 2018).	8
Figura 2.3 – impressora 3D <i>Infinite-Build</i> em fase de testes na indústria automóvel (Ford).	9
Figura 2.4 – Representação gráfica da <i>Internet of Things</i> (Fonte: https://www.thewindowsclub.com/faq-about-internet-of-things-iot).	10
Figura 2.5 – Robots autónomos a operar em fábrica automóvel.	11
Figura 2.6 – Número de robots instalados no mundo por fabricante. Fonte: https://roboticsandautomationnews.com .	11
Figura 2.7 - Aplicação de decoração de interiores (IKEA, 2021).	12
Figura 3.1 – O peso da indústria da construção civil no PIB mundial e o respetivo crescimento anual expectável para este setor. Fonte: <i>IHS Global Insight; ISSA – Infrastructure Stock & Spend Analyzer; World Bank; McKinsey Global Institute analysis</i> .	17
Figura 3.2 – Análise comparativa da evolução global anual do setor da construção, economia e indústria de transformação. Fonte: <i>OECD; WIOD; GGDC-10, World Bank; BEA; BLS; national statistical agencies of Turkey, Malaysia, and Singapore; Rosstat; McKinsey Global Institute analysis</i> .	18
Figura 3.3 – Produtividade do setor por funcionário contratado e respetivo crescimento em termos de trabalho/ produtividade por país. Fonte: <i>OECD Stat; EU KLEMS; Asia KLEMS; World KLEMS; CDSI, Saudi Arabia; Ministry of Labor, Saudi Arabia; WIOD; GGDC-10; Oanda; IHS; ITF; GWI; McKinsey Global Institute analysis</i> .	19
Figura 3.4 – Impacto global da implementação de melhores práticas no setor da construção civil em matéria de produtividade. Fonte: <i>McKinsey Global Institute analysis</i> .	23
Figura 4.1 - Representação esquemática da metodologia BIM na construção civil e a interação com todos os intervenientes no processo. [Fonte: (Buildipedia s.d.)].	27
Figura 4.2 – As dimensões do BIM e as características fundamentais que constituem cada uma delas. Fonte: (Mubarak, 2015).	29
Figura 4.3 – Principais vantagens expectáveis da implementação do BIM para os empreiteiros nos primeiros três anos de integração (Fonte: <i>McGraw</i>	31

Hill Construction, 2013).

Figura 4.4 – Listagem de softwares comerciais baseados e/ou compatíveis com a metodologia BIM (Simões, 2013). 32

Figura 4.5 – Rácio de equipamentos digitais utilizados no setor da construção civil (Fonte: *KYU Lab survey for Constructys* 2017; análise realizada pela *FinalCad*, 2018). 33

Figura 4.6: Exemplo de grupo de trabalho virtual de movimentação de terras numa determinada obra (*Finalcad*, 2021). 34

Figura 4.7: Exemplo de resolução de desconformidade em obra acompanha in loco pelos diversos intervenientes (*Lets Build*, 2021). 35

Figura 4.8: Exemplo de integração de ocorrências ou comentários nas plantas base do projeto (*Lets Build*, 2021). 35

Figura 4.9: Exemplo de template automatizado e acessível a partir de plataforma colaborativa online(*Construpoint*, 2021). 36

Figura 5.1 – Localização do empreendimento com recurso a fotografia área (Google Earth, 2021). 40

Figura 5.2 – Planta geral do loteamento com identificação dos lotes que constituem a 1ª fase de promoção imobiliária (Ferreira, 2017). 41

Figura 5.3 – As moradias em construção possuem vistas privilegiadas sobre a Cova da Beira (Fotografia aérea com recurso a drone realizada pelo autor, 2020). 42

Figura 5.4 – Renderização 3D realizada na fase de projeto para melhor perceção do produto final (Ferreira, 2017). 43

Figura 5.5 – Extrato das plantas comerciais do modelo de moradia, por piso (Ferreira, 2017). 43

Figura 5.6 – Extrato de planta de implantação das sete moradias (Ferreira, 2017). 44

Figura 5.7 – Criação do projeto em análise na plataforma colaborativa *FinalCad*. 51

Figura 5.8 – Adição de membros ao projeto em causa no *FinalCad*. 52

Figura 5.9 – Nível de permissão de edição do projeto por utilizador, em função da definição do administrador do projeto no *FinalCad*. 52

Figura 5.10 – Ações autorizadas por nível de permissão (*FinalCad*, 2021). 53

Figura 5.11 – Possibilidade de fazer *upload* na plataforma do *FinalCad* de desenhos técnicos e memórias descritivas em diferentes formatos. 54

Figura 5.12 – Plantas, alçados e cortes organizados por moradia e acessíveis a partir da plataforma *FinalCad*. 54

Figura 5.13 – Caderno de encargos e contrato de empreitada acessível a partir do <i>FinalCad</i> .	55
Figura 5.14 – Organização de grupos de trabalho em chat integrado na plataforma <i>FinalCad</i> .	56
Figura 5.15 – Colocação de questões ao empreiteiro-geral e ao subempreiteiro responsável pela movimentação de terras na empreitada em análise através do chat integrado no <i>FinalCad</i> .	57
Figura 5.16 – A capacidade de integração de anexos nos grupos de trabalho presentes na plataforma <i>FinalCad</i> .	58
Figura 5.17 – Templates pré-definidos na biblioteca de formulários da plataforma <i>FinalCad</i> .	58
Figura 5.18 – Templates pré-definidos na biblioteca de formulários da plataforma <i>FinalCad</i> .	59
Figura 5.19 – Exemplo de preenchimento de relatório de qualidade na pintura interior.	60
Figura 5.20 – Criação de observação de desconformidade na plataforma <i>FinalCad</i> .	61

Folha em branco

Lista de Tabelas

Tabela 4.1 – Matriz comparativa de funcionalidades integradas em plataformas colaborativas no setor da construção.	38
Tabela 5.1 – Identificação dos intervenientes em obra e respetivas localizações.	46
Tabela 5.2 – Caracterização do tipo de comunicação e ferramentas utilizadas por nível de digitalização.	47
Tabela 5.3 – Caracterização do tipo de comunicação e ferramentas utilizadas por nível de digitalização.	48
Tabela 5.4 – Identificação dos procedimentos que potenciam o aparecimento de contrariedades em obra e as áreas impactadas negativamente por estas.	50

Folha em branco

Lista de Acrónimos

AQS	Águas Quentes Sanitárias
AR	<i>Augmented Reality</i>
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
ETICS	<i>External Thermal Insulation Composite System</i>
FDM	<i>Fused Deposition Modeling</i>
FEDER	Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional
IIC	<i>Industrial Internet Consortium</i>
IoS	<i>Internet of Services</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
LOD	<i>Level of Development</i>
PIB	Produto Interno Bruto
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i>
SLM	<i>Selective Laser Melting</i>
SLS	<i>Selective Laser Sintering</i>
UBI	Universidade da Beira Interior

Capítulo 1

1.Introdução

1.1 Enquadramento

A indústria da construção assume um papel preponderante na economia mundial, tendo em consideração que é através deste setor que se fornecem as infraestruturas públicas e privadas para muitas atividades e serviços, como por exemplo indústrias, comércios, entre outras, indo muito mais além da perspetiva da apresentação de um produto final, assumindo assim um papel crucial no nosso dia a dia (McKinsey & Company, 2017).

A construção, embora seja a maior indústria a nível global, sendo responsável por 13% do produto interno bruto (PIB) da economia mundial (McKinsey & Company, 2020), apresenta um crescimento anual de 1% nos últimos 20 anos, valor bastante inferior aos 2,8% de crescimento anual da economia na sua globalidade (Baganha et. al, 2002).

Tal discrepância poderá ser fundamentada pelo facto de ser um setor com uma grande especificidade, onde o produto é sempre executado por equipas e em locais geográficos diferentes, pela sua fragmentação, considerando o elevado número de participantes em obra das diversas áreas do setor mas sobretudo pela incapacidade, ou até mesmo resistência em adoptar procedimentos e ferramentas digitais, entretanto implementadas noutras indústrias com bastante sucesso, que permitam otimizar procedimentos, aumentando a produtividade e melhorando a qualidade do produto final.

Previsivelmente, enquanto outras indústrias já modernizaram drasticamente os seus processos, a indústria da construção apresenta-se praticamente estagnada neste domínio. Por consequência, a produtividade é relativamente baixa, as margens de lucro são muito reduzidas, a mão de obra continua a diminuir, enquanto a procura por produto continua a suplantar em muito a oferta.

Desta forma, torna-se imperativo a aceleração na transformação digital do setor, adotando definitivamente processos e tecnologias, não apenas como ferramentas adicionais e complementares ao funcionamento diário da indústria da construção, mas sim como a base dos modelos de negócio de qualquer *player* da área que pretenda potenciar e aperfeiçoar o seu produto (McKinsey & Company, 2017).

1.2 Objetivos

A presente dissertação tem como principal objetivo enquadrar o tema da transformação digital da indústria em geral e da construção em particular, identificando os seus pilares de desenvolvimento, os principais fatores de resistência à sua implementação plena e ainda a gestão global de projetos com recurso a aplicações informáticas.

Deste modo, pretende-se descrever inicialmente o estado atual da indústria global e a importância da digitalização para o desenvolvimento da mesma.

Consecutivamente, será caracterizada a situação atual da indústria da construção civil, as principais dificuldades e constrangimentos que atualmente o setor atravessa.

De forma a dar resposta a estes obstáculos, serão apresentadas soluções informáticas que poderão potenciar diversas fases de projeto e obra, nomeadamente a gestão de recursos humanos, produtivos e financeiros com o objetivo de atingir um maior rendimento de recursos humanos e materiais.

Será ainda analisado um caso de estudo de empreitada, onde serão identificados os pontos críticos da sua realização, nomeadamente em matéria de gestão documental, controlo de qualidade, interação entre as diversas equipas, entre outras problemáticas, apresentando de seguida as soluções da aplicação informática consideradas mais adequadas para a resolução das mesmas.

Terminada a abordagem ao caso prático, serão retiradas as conclusões sobre a aplicabilidade de software informático em obra, bem como enumeradas recomendações para futuros trabalhos a desenvolver no âmbito da sua aplicação prática.

A partir deste estudo, será possível assim, de forma teórica e prática, compreender qual o impacto que estas aplicações informáticas poderão produzir no sucesso de uma obra.

1.3 Metodologia

A metodologia utilizada no desenvolvimento da presente dissertação, tendo em consideração tratar-se de uma dissertação teórico-prática, baseia-se na fundamentação teórica, com recurso a investigação e recolha de bibliografia para consequente desenvolvimento das temáticas inerentes ao objeto de estudo, e na aplicação de software no caso de estudo escolhido e devidamente analisado, procurando-se contextualizar a empreitada em causa e ainda identificar as principais dificuldades e constrangimentos identificados durante a sua fase de projeto, preparação e execução em obra. Com este relatório de incidências, procura-se minimizar o seu impacto, tanto em projeto como em obra, recorrendo à aplicação informática escolhida para o efeito, apresentando desta forma as diferentes soluções encontradas para a resolução das mesmas.

Importa ainda referir que toda a informação obtida através de pesquisa bibliográfica serve também de suporte para a aplicação na componente prática.

1.4 Organização da dissertação

A presente dissertação é constituída por uma componente teórica, de pesquisa e revisão bibliográfica e posterior desenvolvimento teórico do tema, e uma componente prática, de análise de caso de estudo, com a identificação das problemáticas encontradas ao longo da empreitada, e de aplicação prática de software, evidenciando de que forma a sua utilização poderá minimizar o impacto destas limitações no decurso normal da obra.

A dissertação encontra-se dividida em seis capítulos e anexos. Neste primeiro capítulo, faz-se uma breve introdução ao tema, definindo-se os objetivos e a metodologia utilizada no desenvolvimento do trabalho.

Relativamente ao segundo capítulo, faz-se uma contextualização do estado atual da digitalização na indústria e o papel preponderante que esta assume no seu desenvolvimento ao longo da história. Identificam-se ainda os pilares da Indústria 4.0, a nível global, incluindo o aumento de rendimento expectável, nas diversas componentes, com a introdução de novas tecnologias.

No terceiro capítulo, aborda-se em particular a indústria da construção civil, realizando uma caracterização da situação atual da mesma e identificando quais os fatores que impedem esta indústria em particular de dar os próximos passos, no que toca à digitalização. Trata-se ainda de um capítulo que evidencia os pilares da Construção Civil 4.0 e quais as vantagens expectáveis em matéria de otimização de recursos, financeiros, materiais e humanos, na implementação dessas mesmas ferramentas.

No quarto capítulo, faz-se uma caracterização específica sobre aplicações informáticas de gestão global de projetos e/ou obra, apresentando diversas soluções enquadradas em duas famílias: software BIM e software de gestão de obra centralizada.

No quinto capítulo é abordado o caso prático escolhido e analisado, caracterizando-o de forma exaustiva, cujo objetivo se prende com a identificação de problemas e/ou complicações, tanto em fase de projeto como de obra, com impactos relevantes na execução dos trabalhos, tanto cronologicamente como financeiramente, e de que forma o recurso a uma aplicação de gestão de obra centralizada poderá dar resposta, minimizando o impacto desses mesmos problemas nas diversas componentes em projeto e/ou obra, tendo em consideração toda a base teórica explanada nos capítulos anteriores.

Finalmente, no sexto capítulo, formulam-se as conclusões gerais sobre a dissertação desenvolvida, com especial foco na análise crítica da aplicação em estudo, identificando potenciais entraves à sua implementação plena em obra, recomendações de utilização, em

função do nível de digitalização de cada empresa e apresenta-se ainda a proposta para desenvolvimento de trabalhos futuros.

2. A importância da digitalização na indústria

2.1 O desenvolvimento histórico do setor

Desde os primórdios que a evolução sistemática da ciência e da tecnologia tem contribuído de forma preponderante para a industrialização a uma escala global (Liao et. al, 2017; Bibby & Dehe, 2018).

Embora não exista unanimidade em relação à definição de Revolução Industrial, do ponto de vista tecnológico, são consideradas quatro fases industriais distintas: As três primeiras revoluções ocorreram ao longo de dois séculos e tiveram como espinha dorsal a transição do trabalho humano para o trabalho realizado por maquinaria (Liao et al., 2017; Stock et al., 2018).

A primeira revolução Industrial, iniciada no século XVIII em Inglaterra, pode ser caracterizada pela substituição gradual dos métodos artesanais por ferramentas e maquinaria, pela exploração do carvão como fonte de energia alternativa à madeira e outros biocombustíveis, e ainda pela utilização crescente da energia do vapor. Tal como expectável, as alterações introduzidas nos processos produtivos e de transformação tiveram um impacto significativo ao nível económico e social à escala global. Foi nesta era também que se normalizou a utilização da locomotiva a vapor como meio de transporte de pessoas e mercadorias, sendo conhecida como a revolução industrial que introduziu definitivamente a mecanização da produção.

Nas décadas consequentes, e aproximadamente até ao fim da segunda guerra mundial (1945), as evoluções na indústria no geral foram significativas e bastante disruptivas, nomeadamente na área da indústria química, metalúrgica e elétrica. Surgiram também as primeiras linhas de produção que viriam a permitir a produção em massa e a baixos custos. A invenção e inovação andaram lado a lado nesta que foi considerada a segunda revolução Industrial.

Em meados do século XX (1950 A 1970), ocorreu uma explosão de descobertas totalmente inovadoras para a época, como a automação e robotização de linhas de produção em alguns setores da indústria, o armazenamento e processamento de forma digital, a Internet, as comunicações feitas por telemóveis, computadores cada vez mais potentes e de menor dimensão, o que levou a considerar-se esta época como a época da terceira revolução industrial.

No início do século XXI, com o elevado desenvolvimento e estado de maturação da internet e das empresas tecnológicas, deu-se início a uma metamorfose da indústria na sua generalidade, cujo impacto na competitividade, na produção, na sociedade e na economia em geral será de tal ordem que, mesmo para especialistas na matéria de revolução digital, é difícil quantificar qual o potencial máximo que poderá ser atingido.

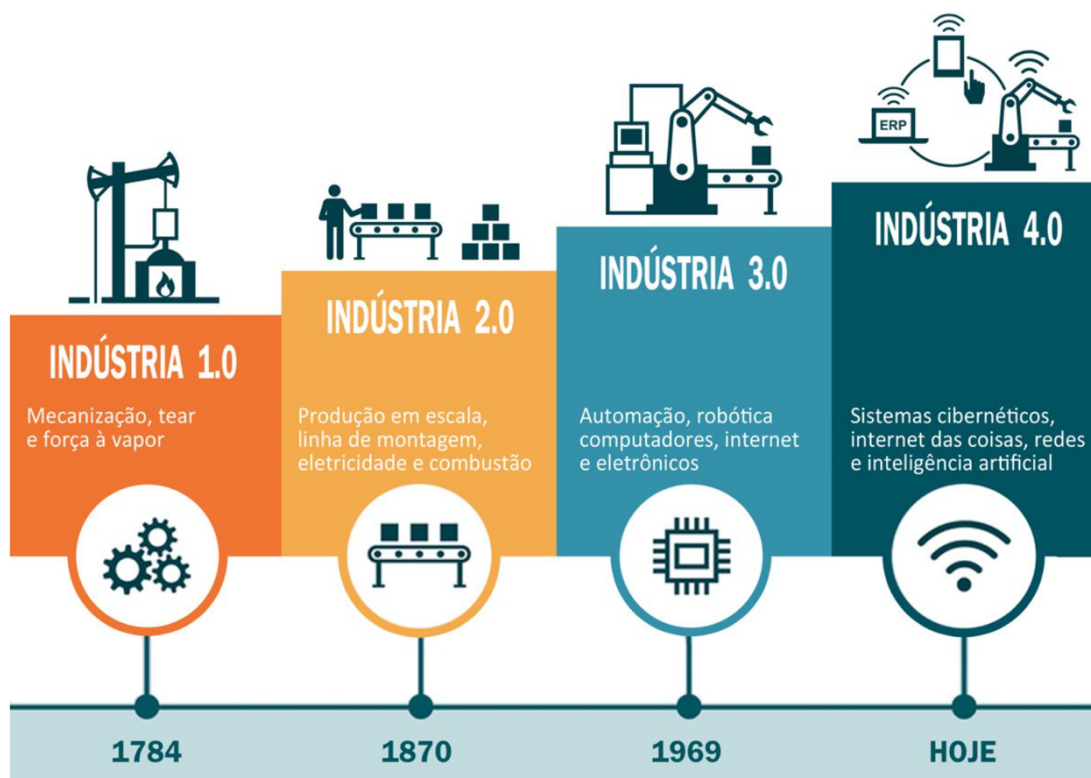


Figura 2.1 - As quatro Revoluções Industriais. (Wert Ambiental, 2019)

Assim, o termo Indústria 4.0 surge pela primeira vez na Feira de Hannover em 2011, na Alemanha (Drath & Horch, 2014). Termo esse que deixa anteciper uma nova revolução industrial, a quarta, (Hermann et al., 2016) e que tem por propósitos primordiais a potencialização dos sistemas de produção e, por inerência, o aumento da produtividade melhorar a qualidade final dos bens e serviços a colocar ao dispor da sociedade. No relatório final do grupo de trabalho criado para o efeito, Indústria 4.0 é definida como sendo “*melhorias fundamentais nos processos industriais envolvidos na fabricação, na engenharia, no uso de materiais, na cadeia de fornecimento e no ciclo de vida de gestão*” (Kagermann et al., 2013).

2.2 Indústria 4.0: o conceito

Desde 2011 o termo Indústria 4.0 tem vindo a ser extremamente debatido, começando pela sociedade alemã e mais tarde, progressivamente, veio a ganhar uma dimensão global (Pfeiffer, 2017). O conceito é proposto originalmente por três engenheiros alemães, Henning Kagermann (físico), Wolfgang Wahlster (professor de inteligência artificial) e Wolf Dieter Lukas (físico).

Por este motivo, a Alemanha é considerada o berço desta nova revolução industrial, não sendo surpreendente de todo atendendo que se trata de um dos países mais competitivos na indústria de manufatura e um líder global neste setor (Rojko, 2017). Deste modo, acaba por ser uma iniciativa estratégica do governo alemão por forma a garantir e sustentar esta posição sem

esquecer que se trata de uma consequência natural do avanço tecnológico e digitalização, bem como da carência de explorações para aumento de lucro na indústria já que quase se esgotaram as possibilidades existentes (Rojko, 2017).

Falar em Indústria 4.0 (Chen & Xing, 2015) representa focar as empresas na total digitalização dos seus ativos físicos, dotando a indústria de ferramentas e procedimentos que lhe vão permitir trabalhar de uma forma mais autónoma, mais inteligente e produtiva, permitindo a sua integração em ecossistemas digitais com os vários parceiros da cadeia de valor.

Este conceito representa um novo estágio para a indústria no geral, repercutindo-se nos sistemas de fabrico ao integrar um conjunto de tecnologias inovadoras que acrescentam valor a todo o ciclo de vida do produto. Implica ainda uma evolução do papel humano nos sistemas de produção, nos quais todas as atividades da cadeia de valor serão desenvolvidas segundo abordagens “*smart*” e com base nas tecnologias de informação e comunicação (Frank et al., 2019; Birkel, et al., 2019; Kayikci, 2018).

2.3 Os pilares de desenvolvimento da indústria 4.0

A Indústria 4.0, como referido anteriormente, destaca-se pela total digitalização dos ativos físicos e na sua integração em sistemas digitais (PWC, 2016). Criaram-se sistemas de produção inteligentes que permitem a associação entre as tecnologias físicas e digitais e a integração de todas as etapas do desenvolvimento de um produto, contribuindo de uma forma positiva para o aumento da produtividade e da qualidade do produto final.

Deste modo, a Indústria 4.0 tem como pilares de desenvolvimento (Fig. 2.2) as seguintes nove tecnologias ou conceitos:

- 1) Fabricação Aditiva;
- 2) Internet das Coisas /*Internet of Things (IoT)*/*Internet of Services (IoS)*;
- 3) Robots Autónomos;
- 4) Realidade Aumentada;
- 5) Simulação Virtual;
- 6) *Cloud Computing*;
- 7) *Big Data*;
- 8) Integração Horizontal e Vertical dos sistemas;
- 9) Segurança Cibernética.



Figura 2.2 - Os Pilares da Indústria 4.0 (Santos & Alberto, 2018)

2.3.1 Fabricação Aditiva

A fabricação aditiva consiste na produção de componentes do produto sem a necessidade de ferramentas especializadas e recursos de construção; representa uma prototipagem flexível e conectada dos componentes do produto em larga escala, facilitando a personalização (Holmström, et al., 2016). As Impressoras 3D são os principais recursos atualmente associados à fabricação aditiva.

Com a Indústria 4.0, a metodologia de fabricação aditiva será amplamente utilizada para produzir pequenos lotes de produtos que oferecem vantagens de construção, como projetos mais complexos e leves. Alto desempenho, sistemas descentralizados de fabrico aditivo diminuirão as distâncias de transporte e o stock disponível (Rüssmann et al., 2015). Deste modo, a produção será mais rápida, eficiente e com um custo mais reduzido com o uso de tecnologias de fabrico aditivo, como o Método de Deposição por Fusão (FDM), Fusão Seletiva a Laser (SLM) e Sinterização Seletiva a Laser (SLS) (Landherr, Schneider, & Bauernhansl, 2016). Como as necessidades da sociedade estão em constante mutação, muitas empresas enfrentam o desafio de aumentar a especificidade e personalização dos produtos e, simultaneamente, reduzir o tempo de colocação no mercado.

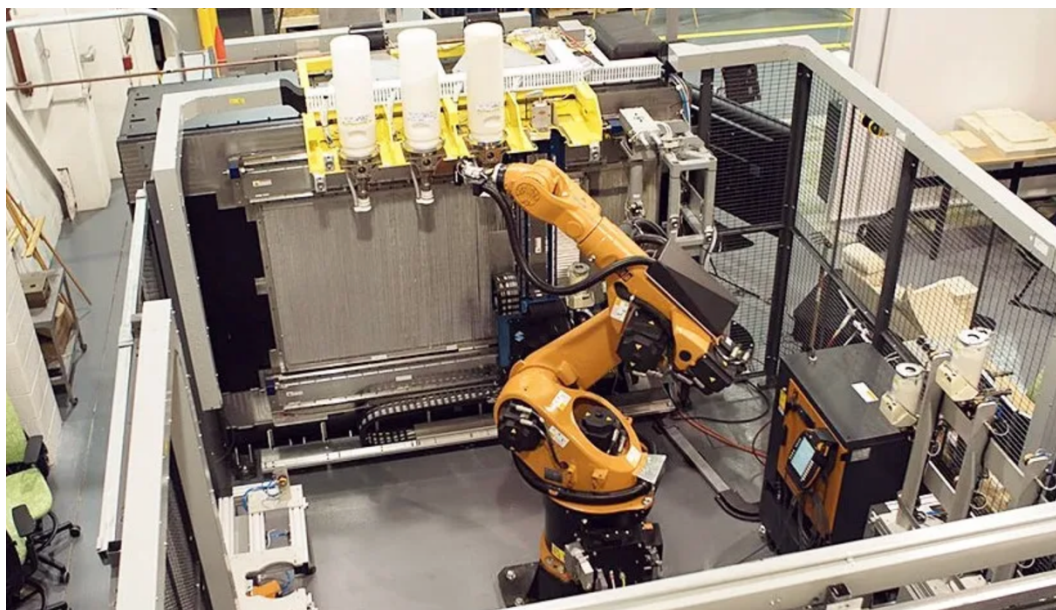


Figura 2.3 – impressora 3D *Inifinte-Build* em fase de testes na indústria automóvel (Ford).

2.3.2 Internet das Coisas / *Internet of Things* / *Internet of Services*

O conceito Internet das Coisas “*Internet of Things (IoT)*” assenta na relação entre objetos físicos e virtuais ligados à internet, tendo sido criado no Massachusetts Institute of Technology, um dos mais conceituados Institutos Universitários a nível mundial, localizado nos Estados Unidos da América. Assim, a IoT é uma infraestrutura de tecnologia da informação que permite a recolha e difusão de dados entre dispositivos, resultando na identificação, localização, rastreabilidade e monitorização de objetos (Li, Hou, & Wu, 2017). Embora possa parecer um conceito algo futurista, com alguma facilidade encontramos tecnologias baseadas neste conceito no nosso quotidiano, nomeadamente os códigos de barras, sensores wireless e identificação por radiofrequência (RFID) (Zhang, et al., 2017). A utilização cada vez mais generalizada em diversos setores da economia mundial tem sido impulsionada pelo aparecimento e uso generalizado de sensores de dimensões e custos cada vez mais reduzidos, assim como um avanço nos dispositivos móveis, comunicações *wireless* e tecnologias em *Cloud* (Coelho, 2016).

Por outro lado, a “*Internet of Services (IoS)*” apresenta uma abordagem similar, mas em vez de interligar entidades físicas interliga serviços. “*Através da IoS os serviços internos e inter-organizacionais são oferecidos e utilizados pelos participantes da cadeia de valor*” (Hermann et al., 2016). Esta nova abordagem acaba por ser a evolução natural da *Internet of Things*. Deste modo, a interação e conectividade das coisas produzindo serviços de valor acrescentado para o cliente final é considerado um dos mais fortes pilares da Indústria 4.0, criando assim novas oportunidades e desafios ao setor.



Figura 2.5 – Robots autónomos a operar em fábrica automóvel.

Atendendo à procura cada vez mais crescente por parte da indústria no geral, os maiores fabricantes de robótica do mundo têm investido em novas tecnologias para diferenciarem os seus produtos e tornarem-nos mais competitivos.

Na figura 2.6, facilmente se constata que a larga maioria dos fabricantes têm origem asiática (sobretudo japonesa), podendo ser consideradas como o motor do desenvolvimento de tecnologia no que a robótica automatizada diz respeito. Pode-se ainda destacar também a empresa ABB – Asea Brown Boveri, de origem sueca e pioneira no mercado, como já uma certeza da indústria da automatização.

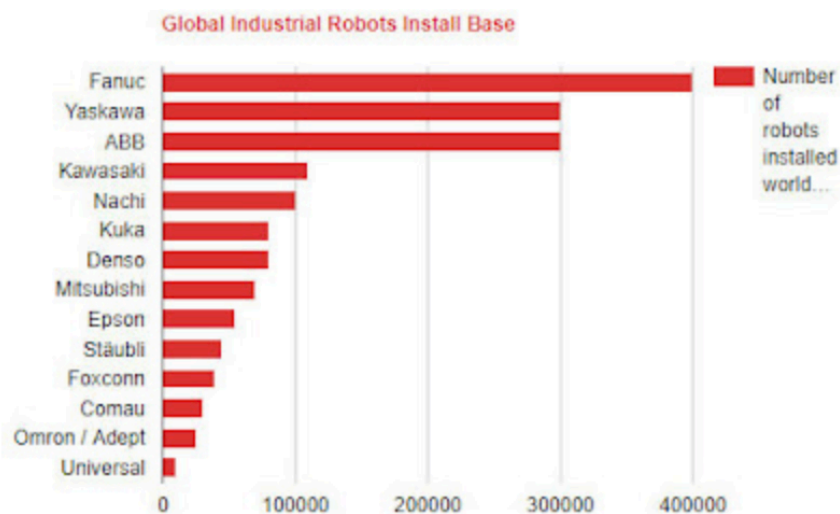


Figura 2.6 – Número de robots instalados no mundo por fabricante. Fonte: <https://roboticsandautomationnews.com>

2.3.4 Realidade Aumentada

A Realidade Aumentada ou “*Augmented Reality*” (AR) pode ser definida como a integração de elementos ou informações virtuais em ambientes do mundo real que visualizamos através de uma câmara e com o auxílio de sensores de movimento como giroscópio e acelerómetro.

A interação entre estes dois mundos, o mundo digital e o mundo real, permite obter conhecimento adicional na Indústria 4.0, nomeadamente no apoio dos processos de produção e manutenção, através, por exemplo, da visualização do interior de uma máquina em realidade aumentada, permitindo assim auxiliar na localização exata de um componente que necessite de reparação ou substituição ou ainda fornecer aos trabalhadores informações em tempo real para melhorar a tomada de decisão e os procedimentos a seguir (Rüssmann et al., 2015).

Também no quotidiano com relativa facilidade se interage com este tipo de tecnologia, atendendo que já é amplamente utilizada no desenvolvimento de jogos para telemóvel ou em aplicações de decoração de interiores (IKEA app).

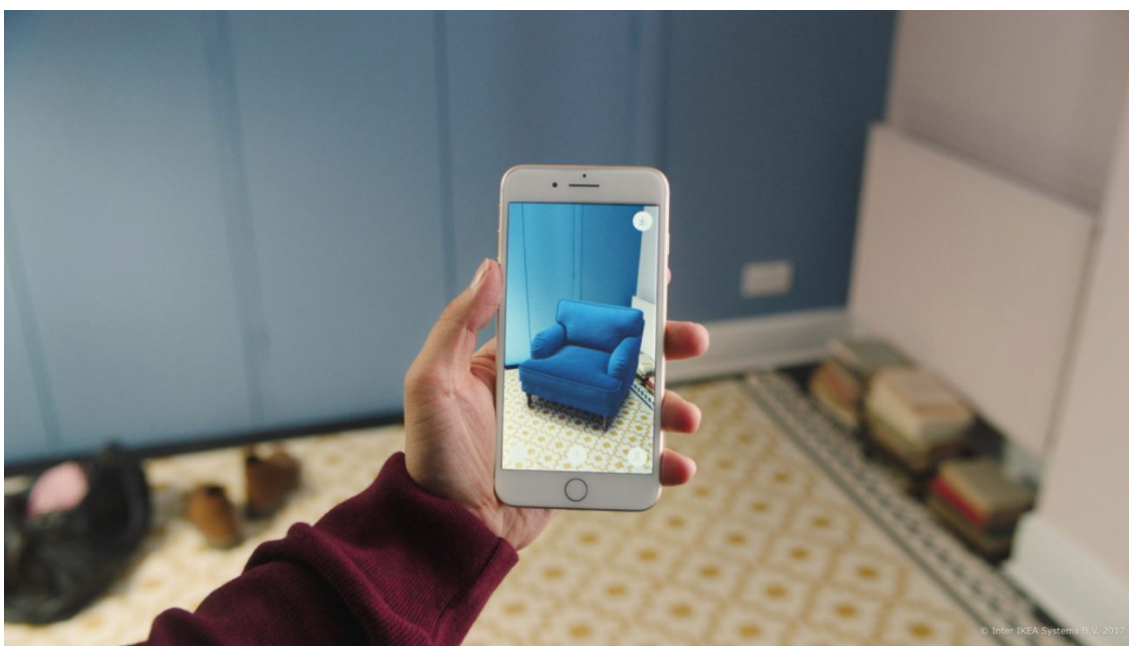


Figura 2.7 - Aplicação de decoração de interiores (IKEA, 2021).

2.3.5 Simulação Virtual

As simulações virtuais assumirão um papel preponderante na Indústria 4.0 pois permitirão obter os dados em tempo real para espelhar as características físicas num determinado modelo virtual, que pode incluir máquinas, produtos e humanos, podendo diminuir a complexidade da máquina, tempo necessário para produção e ainda aumentar a qualidade do produto final (Rüssmann et al., 2015). Deste modo, podem ser criadas simulações 2D e 3D para análise virtual e simulação de tempos de ciclo, consumo de energia ou aspetos ergonómicos de um determinado produto, permitindo a sua testagem intensiva ainda na fase de conceção em

ambiente virtual e evitando assim gastos desnecessários na realização de protótipos físicos ou até mesma na linha de produção.

Embora estes programas de modelação possam representar custos relativamente elevados em determinados setores da Indústria na sua aquisição e formação de corpos técnicos, a poupança em materiais e aperfeiçoamento do produto final acaba por compensar esse mesmo investimento inicial. E se for tido em consideração que os avanços tecnológicos que diariamente são realizados, acredita-se que este investimento inicial venha a ser cada vez mais reduzido, fruto também da grande competitividade do setor tecnológico responsável pelo desenvolvimento de software.

2.3.6 Cloud Computing

Cloud Computing pode ser definida como uma tecnologia que oferece alta performance custos reduzidos (Zheng, et al., 2014). A virtualização dos servidores “em nuvem” permite o acesso à base de dados e suporte em qualquer parte do planeta, permitindo a integração de sistemas de locais distintos, assim como a sua gestão e o suporte podem ser feitos de forma global e à distância.

Uma plataforma de IT baseada na nuvem serve como uma sólida base, acessível de qualquer ponto do globo, por parte dos diversos intervenientes na cadeia de valor da Indústria 4.0 (Landherr et al., 2016). Este tipo de tecnologia permite que os decisores de topo das empresas possam partilhar dados nos sites e nas empresas quase de forma instantânea (Rüssmann et al., 2015) e que fornecedores e clientes possam aceder aos recursos de fabrico e aos seus serviços (design, simulação, teste de produtos e outras informações técnicas ou comerciais consideradas relevantes). Os recursos disponíveis tornam-se então autênticos serviços disponíveis numa plataforma acessível, de grande dimensão e que permite ainda partilha de recursos e a otimização dos serviços de fabrico (Liu e Xu, 2017).

2.3.7 Big Data

O conceito de *Big Data* está associado à grande quantidade de dados que são armazenados diariamente e de forma quase instantânea resultantes da existência de milhões de sistemas atualmente ligados em rede, sendo ainda acessíveis em qualquer local do mundo que tenha um acesso à internet.

A interação entre *Big Data* e *Cloud Computing* permite a recolha, armazenamento e avaliação exaustiva dos dados oriundos de diversas fontes e clientes, para apoiando na tomada de decisões técnicas e corporativas, otimizando operações e linhas de produção, economizando energia, melhorando assim o desempenho do sistema na sua generalidade, permitindo ainda que qualquer colaborador possa aceder em qualquer lugar, a qualquer hora através de um dispositivo móvel (Bahrin et al., 2016).

2.3.8 Integração horizontal e vertical dos sistemas

A Integração e auto-otimização são considerados os dois principais mecanismos utilizados na organização industrial (Schuh et al., 2014). A Indústria 4.0 assenta sobretudo em três dimensões de integração: integração horizontal entre toda a rede responsável pela criação de valor, integração vertical e sistemas de manufatura conectados em rede (Stock & Seliger, 2016). A integração juntamente com a automação digital dos processos de fabrico na dimensão vertical e horizontal obriga também a uma automação da comunicação e cooperação especialmente ao longo de processos padronizados (Erol, et al., 2016).

A integração digital de ponta a ponta é habilitada pelas integrações vertical e horizontal, uma vez que a recolha de informações do produto ao longo de todo seu ciclo de vida, agrega valor desde a conceção até a logística de saída (European Parliament, 2017).

Os sistemas tecnológicos integram toda a cadeia de valor produtiva, auxiliando a análise e tomada de decisões, controlo de qualidade, financeiro e temporal, aumentando desta forma a produtividade da ao longo de todo o processo.

2.3.9 Segurança Cibernética

Com o aumento da conectividade, traduzido também pela utilização massiva da internet quer por parte da sociedade no geral quer por parte do setor industrial, e ainda o uso de protocolos de comunicação padronizados previstos para a implementação plena da Indústria 4.0, a necessidade de proteger os sistemas industriais e linhas de fabrico contra ameaças à segurança cibernética aumenta de forma exponencial. Desta forma, são essenciais comunicações seguras e de confiança, bem como a gestão sofisticada da identidade e acesso dos aparelhos e dos utilizadores (Rüssmann et al., 2015).

Estes mesmos fatores de segurança são fundamentais para o cumprimento da legislação aplicável em relação à proteção de dados pessoais prevista quer a nível nacional e internacional, avaliando o risco de serem pirateados e atuando em conformidade com o nível de risco apresentado.

2.4 O impacto da Indústria 4.0

Tal como fora referido anteriormente, a modernização da indústria no geral passa pela introdução de sistemas tecnológicos e pela adoção de procedimentos que permitam potenciar o setor em diversos parâmetros. As transformações que daí advêm têm implicações e benefícios em todo o processo, desde a conceção até à distribuição ou venda ao cliente dos produtos ou serviços.

Assim, algumas das vantagens que podem ser retiradas de uma revolução digital plena são as seguintes:

- 1) Customização em série que permite aumentar a flexibilidade na produção, bem como uma rápida criação de protótipos e criação de novos produtos, potencializando a produtividade;
- 2) Maior velocidade de produção, permitindo uma entrada mais rápida dos produtos nos mercados;
- 3) Maior qualidade dos produtos como resultado da diminuição de erros durante as diversas fases, fruto de um maior controlo de qualidade em todo o processo;
- 4) Novos modelos de negócios que apostam no design customizado e na qualidade dos produtos, inserindo o consumidor na cadeia de valor e, no fundo, como um decisor do tipo de produto a fabricar;
- 5) Aproximação da indústria para os centros urbanos de forma a ficar mais perto dos clientes finais, reduzindo custos elevados com os serviços de transporte;
- 6) Com a implementação de automatização, a mão de obra necessária numa fábrica passará a ser qualificada, contribuindo assim para o desenvolvimento profissional e técnico dos trabalhadores em causa;
- 7) Redução de custos, atendendo à capacidade superior no controlo de qualidade, no controlo de desperdícios de materiais desnecessários ou ainda na otimização do tempo de produção;
- 8) Criação de emprego e reforço da economia circular, atendendo que para uma implementação completa da digitalização na indústria será necessária mais mão de obra qualificada e softwares que permitam apoiar a tomada de decisão dos diversos *players* existentes ao longo de todo o processo, pelo que empresas tecnológicas necessitarão igualmente de mais técnicos devidamente habilitados. Se se tiver ainda em consideração que os prazos de produção e entrega deverão ser mais reduzidos, tal situação terá também impacto na dinamização da própria economia circular.

2.5 Planos governamentais e institucionais para a implementação da Indústria 4.0

O conceito Indústria 4.0 e toda a discussão em seu redor não passou despercebido às indústrias, instituições ou governos (Liao et al., 2017) que acabam por orientar parte das suas forças na recolha dos benefícios da nova onda de revolução industrial (Ridgway et al., 2013; Siemieniuch et al., 2015).

Deste modo, governos de todo o mundo introduzem e fomentam diversas iniciativas nesse sentido (Rojko, 2017). A Comissão Europeia promove novos contratos de parcerias publico privadas com a visão de fabricas do futuro (European Commission, 2013), o governo alemão lançou a sua estratégia “*High-Tech Strategy 2020 Action Plan*” (Kagermann et al., 2013), o governo francês “*La Nouvelle France Industrielle*” (Anon., 2016) e o governo do Reino Unido apresenta a imagem “*Future of Manufacturing*” entre muitas outras iniciativas por todo o mundo destacando-se ainda os Estados Unidos da América, Coreia do Sul, Japão, China e Singapura. Em simultâneo, surgem também diversas iniciativas conjuntas de planos industriais

com destaque para o plano que junta AT&T, Cisco, General Electric, IBM e Intel que assinaram o “Industrial Internet Consortium (IIC)” (Evans e Annunziata, 2012; Liao et al., 2017).

Relativamente a Portugal, o estado Português tem a sua própria iniciativa governamental com a designação de “Portugal i4.0” ou “i4.0: Indústria 4.0 – Economia Digital”, introduzida pelo Ministério da Economia naquela que é a considerada a Estratégia Nacional para a Digitalização da Economia.

Neste sentido, em 2017 foi lançado pelo Instituto de Apoio às Pequenas e Médias Empresas e à Inovação (IAPMEI) o “Guia de Informação Indústria 4.0 Sistemas de Incentivos à Economia Digital”(IAPMEI, Portugal 2020 e União Europeia, 2017), apoiado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER) através do acordo de parceria existente entre Portugal e a Comissão Europeia atuante através de cinco Fundos Europeus Estruturais e de Investimento com especial ênfase em políticas de desenvolvimento social, económico e territorial, denominado “Portugal 2020”.

3. A Indústria da Construção Civil

3.1 Caracterização da situação atual da indústria da construção civil

O setor da construção é, inequivocamente, um dos motores da economia global, empregando 7% da população mundial, sendo ainda responsável pelas infraestruturas e estruturas fundamentais para o nosso quotidiano, quer no âmbito pessoal ou profissional e representando cerca de 13% dos investimentos no PIB global (Fig. 3.1).

Construction-related spending accounts for 13 percent of global GDP.

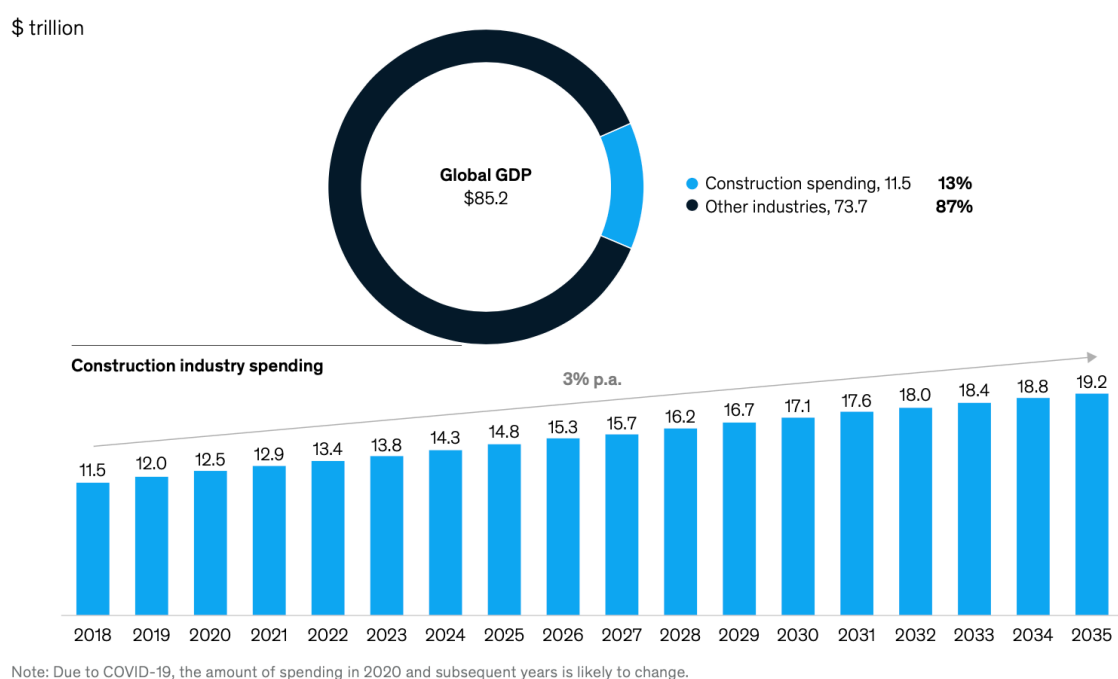


Figura 3.1 – O peso da indústria da construção civil no PIB mundial e o respetivo crescimento anual expectável para este setor. Fonte: *IHS Global Insight; ISSA – Infrastructure Stock & Spend Analyzer; World Bank; McKinsey Global Institute analysis.*

No entanto, mesmo assumindo um papel preponderante na economia mundial, é um setor que ao longo dos anos se tem assumido como pouco produtivo e com uma capacidade de crescimento e maturação muito inferior quando comparado com outras indústrias como o setor do retalho, indústria automóvel, entre outras. Contrariamente à construção civil, estes setores, como outros, foram capazes de se reinventar, aumentando a sua produtividade e qualidade do produto final através, sobretudo, da implementação de novos procedimentos e sistemas tecnológicos, quer na produção, controlo de qualidade ou distribuição.

Na figura 3.2 pode verificar-se que a indústria da construção tem um crescimento anual extremamente reduzido, cerca de 1% ao ano nas últimas duas décadas, enquanto que a indústria

transformadora e a economia global crescem anualmente 3,6% e 2,8% respetivamente, sendo claro que é um setor em sub-rendimento.

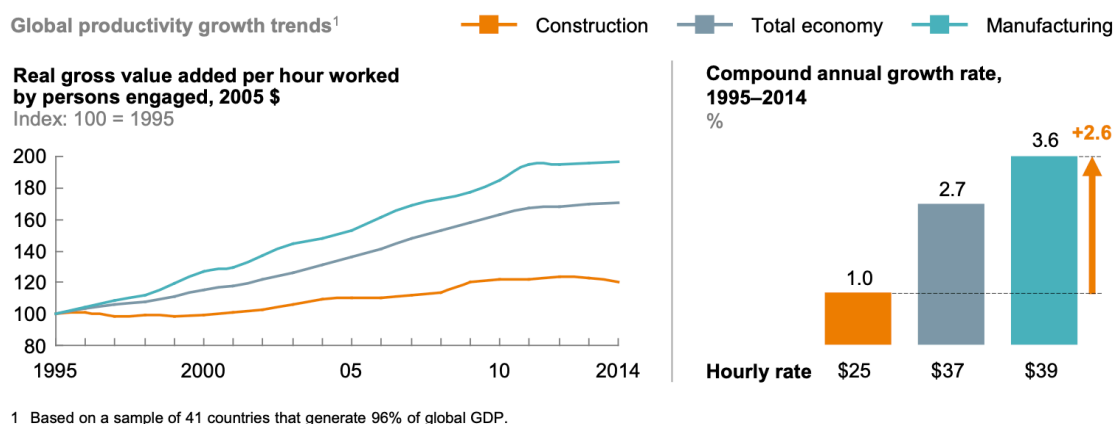


Figura 3.2 – Análise comparativa da evolução global anual do setor da construção, economia e indústria de transformação. Fonte: *OECD; WIOD; GGCD-10, World Bank; BEA; BLS; national statistical agencies of Turkey, Malaysia, and Singapore; Rosstat; McKinsey Global Institute analysis.*

Tal situação é facilmente justificada por ser uma indústria com uma cadeia de valor muito segmentada, pouco regulamentada, mão de obra sem um elevado grau de especialização e sobretudo pelas derrapagens orçamentais e cronológicas em obra, levando também a um descontentamento e desconfiança cada vez maior por parte do cliente final. Segundo um estudo realizado pela McKinsey Global Institute em 2015 (McKinsey Global Institute, 2015), os projetos de construção civil normalmente ultrapassam em 20% o prazo para conclusão das obras e em 80% dos casos ultrapassam o orçamento previsto para a execução das mesmas. Em suma, há uma necessidade premente no aumento da produtividade, controlo orçamental e temporal no setor da construção a nível mundial e, para tal, será necessário abraçar definitivamente a era digital. Se o setor conseguir aproximar-se de outras indústrias que já implementaram, com muito sucesso, novas tecnologias nos seus processos, a indústria da construção poderá aumentar o seu peso na economia mundial em 1,379 milhões de euros por ano (McKinsey Global Institute, 2015).

Importa referir que embora a nível mundial o nível de digitalização desta indústria seja relativamente baixo, quando comparado com outros setores, apresentando bastante resistência à era digital, existem ainda assim elevadas discrepâncias na produtividade e crescimento entre países.

Na figura 3.3 pode verificar-se que se por um lado temos países como o México, Brasil, Malásia ou Arábia Saudita com uma produtividade baixa e um crescimento da produtividade inclusive negativo, temos países como a Bélgica, Países Baixos, Austrália e Israel líderes do setor em termos de produtividade, apresentando inclusive um crescimento positivo neste parâmetro. Por

outro lado, temos países como China, Turquia e Índia que apresentam um crescimento elevado mas com valores de produtividade bastante reduzidos.

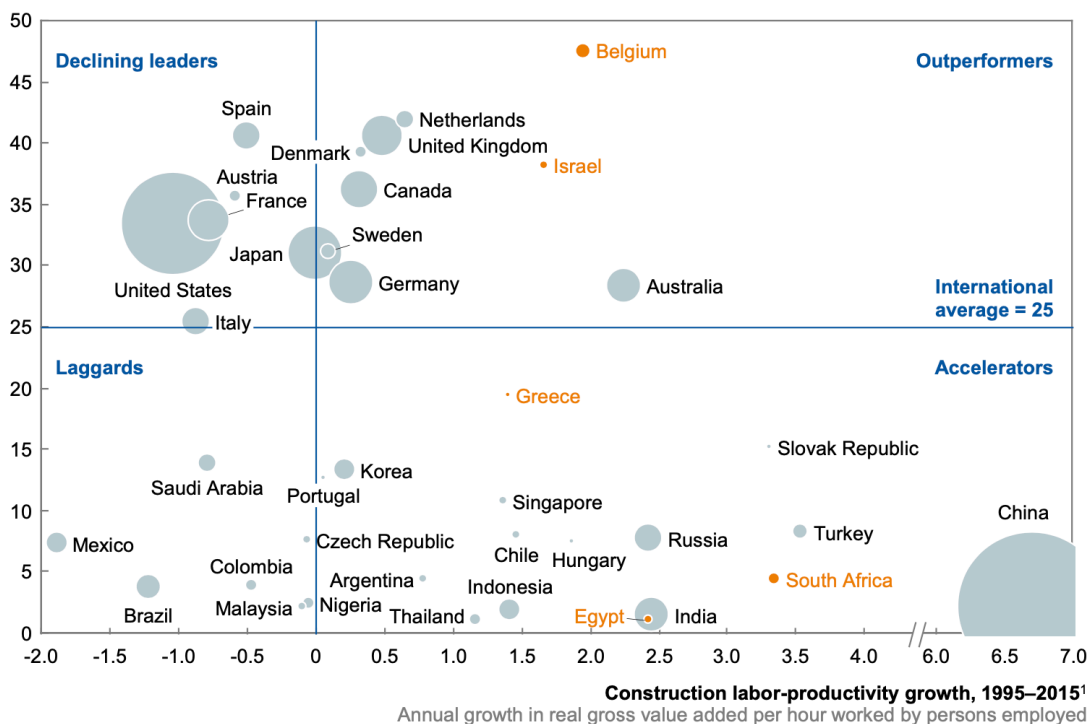
A small number of countries have achieved healthy productivity levels and growth rates

- Sector productivity growth lags behind total economy
- Sector productivity growth exceeds total economy

Size indicates total country construction investment, 2015
\$ billion

Construction labor productivity, 2015¹

2005 \$ per hour worked by persons employed, not adjusted for purchasing power parity²



1 Countries with a shorter time series due to data availability: Argentina, Australia, Brazil, Chile, Ethiopia, Japan, Mexico, Nigeria, South Africa (1995–2011); Belgium (1999–2014); China, Colombia (1995–2010); Czech Republic, France, Israel, Malaysia, Russia (1995–2014); Egypt (1995–2012); Indonesia (2000–14); Saudi Arabia (1999–2015); Singapore (2001–14); Thailand (2001–15); and Turkey (2005–15).
2 Published PPPs are either not applicable (i.e., are not for the construction sector specifically or not for a value-added metric) or vary too widely in their conclusions to lend any additional confidence to the analysis.

Figura 3.3 – Produtividade do setor por funcionário contratado e respetivo crescimento em termos de trabalho/ produtividade por país. Fonte: *OECD Stat; EU KLEMS; Asia KLEMS; World KLEMS; CDSI, Saudi Arabia; Ministry of Labor, Saudi Arabia; WIOD; GGDC-10; Oanda; IHS; ITF; GWI; McKinsey Global Institute analysis.*

Mais uma vez, e conseguindo-se estimar o impacto da digitalização no setor, consegue-se imaginar o potencial, a nível mundial, da implementação das novas tecnologias num setor que, aos dias de hoje, se pode considerar quase obsoleto quando comparado com outras indústrias que tiveram a capacidade de se reinventarem.

3.2 A resistência da Indústria da Construção à transformação digital

A indústria da construção civil, como fora referido anteriormente, é um setor extramente complexo e fragmentado e continua a resistir fortemente à transformação digital do setor. Deste modo, podem-se encontrar diversos motivos para tal, dos quais se destacam os seguintes:

- 1) Baixa regulamentação para acesso à atividade, permitindo que pequenas empresas com baixo nível de especialização e produtividade possam competir, baseados no baixo custo, com as empresas que efetivamente tentam implementar novas metodologias e tecnologias na sua atividade.
- 2) Uso intensivo de subempreiteiros e trabalhadores temporários, ao menor custo possível e por consequência com baixo grau de especialização, prejudicando a produtividade da obra e, sobretudo, a qualidade do produto final.
- 3) Grau de especificidade do setor e singularidade de cada empreitada, tendo em consideração que cada obra nova realizada tem um elevado grau de particularidade, não existindo no fundo uma base standard que permita a repetição de procedimentos na execução. Tal facto prejudica, em muito, a produtividade e a qualidade da construção. Se optar-se pela implementação de uma base para o desenvolvimento dos projetos, permitirá a existência de procedimentos repetitivos que poderão ser cada vez mais otimizados, melhorando não só o tempo necessário para a sua execução, como permitirá um melhor controlo orçamental e qualitativo da obra em si.
- 4) O critério preço versus qualidade, atendendo que existe uma competitividade brutal entre empresas do setor, concorrendo a obras maioritariamente com o critério (baixo) preço, sacrificando muitas vezes a qualidade exigível a qualquer tipo de construção. Tal fator inviabiliza ainda a aposta em novas tecnologias e em formação dos seus quadros técnicos, tentando sobretudo baixar custos fixos e variáveis na empresa que não sejam, supostamente, indispensáveis à sua laboração diária.
- 5) Setor muito fragmentado e diversificado, atendendo que contempla diversas fases, desde a produção, transporte e venda dos materiais, à realização dos projetos de arquitetura e especialidades, execução da obra por parte de empreiteiros e subempreiteiros ou ainda a promoção imobiliária. Tal característica dificulta a especialização de toda a cadeia de valor da construção, especialmente porque grande parte dos operadores não possuem especialização na respetiva área.

Em suma, todas estas características têm contribuído para a incapacidade do setor da construção em adotar estratégias e procedimentos para uma transformação digital progressiva e dinâmica e, assim, libertar gradualmente todo o seu potencial que se encontra por explorar. É fundamental que todos os *players* do setor compreendam que só assim será possível dar resposta aos novos desafios da indústria.

3.3 Os pilares da Construção Civil 4.0

Tal como referido em capítulos anteriores, o setor da construção pode evoluir no sentido de se tornar a Construção Civil 4.0 assentando sobretudo em duas premissas: aumento da produtividade e qualidade do produto final.

Assim, e tomando como referência o estudo da McKinsey Global Institute, esta revolução industrial na indústria da construção poderá assentar em sete grandes estratégias ou procedimentos a implementar no setor que permitirão libertar todo o potencial para atingir elevados níveis de produtividade e qualidade:

- 1) Reconectar a cadeia de valor, apostando em banir o ambiente hostil característico em muitos ambientes da construção, como nas relações entre dono de obra – empreiteiro geral ou empreiteiro geral – subempreiteiros. A aposta deverá passar por fomentar comportamentos cooperativos entre todos os *players* da indústria e utilizar ferramentas colaborativas para que toda a informação que passe para os diferentes intervenientes seja única e verdadeira e permita realizar um controlo precoce e ao mesmo tempo exaustivo do andamento dos trabalhos em qualquer estaleiro de obra.
- 2) Remodelar a legislação e promover a transparência, pois reduzindo a burocracia permitirá dar início à execução dos projetos num prazo inferior ao atual, diminuindo consequentemente o tempo necessário para a concretização dos mesmos. Transparência no que toca à qualidade dos produtos finais, não sacrificando qualidade em detrimento do baixo custo que o mercado tanto pressiona a aceitar.
- 3) Repensar os processos de design, engenharia e produção, permitindo que a construção se baseie na repetição de elementos base para a construção (construção modular), o que permitirá melhorar procedimentos de fabrico, baixando custos com matérias primas e diminuindo o tempo necessário para a sua correta execução. Consequentemente possibilitará ainda diminuir a dimensão do estaleiro em obra e aumentar o grau de especialização da mão de obra derivado da repetibilidade do trabalho em causa.
- 4) Potenciar a gestão em diferentes fases da cadeia de valor, implementando sistemas de gestão integrada, podendo inclusive prever possíveis ruturas de stock ou controlar de forma intensiva o transporte e entrega de materiais em tempo útil, evitando assim atrasos e constrangimento em cascata na restante cadeia de valor.
- 5) Melhorar a execução em obra, potencializando a centralização de informação, controlo de qualidade, cumprimento de prazos ou antecipação de possíveis caminhos críticos no expectável andamento dos trabalhos. Tal como na área do fornecimento e transporte de materiais, também nesta fase as aplicações de gestão centralizada, assumirão um papel preponderante na potencialização da execução da obra, aumentando a produtividade do estaleiro bem como o controlo da qualidade de qualquer projeto em execução.
- 6) Implementar novas tecnologias, novos materiais e automação na cadeia de valor. Em matéria de novas tecnologias, e no âmbito da realização de projetos de arquitetura e especialidade, o software BIM (*Bulding Information Modeling*) assumirá

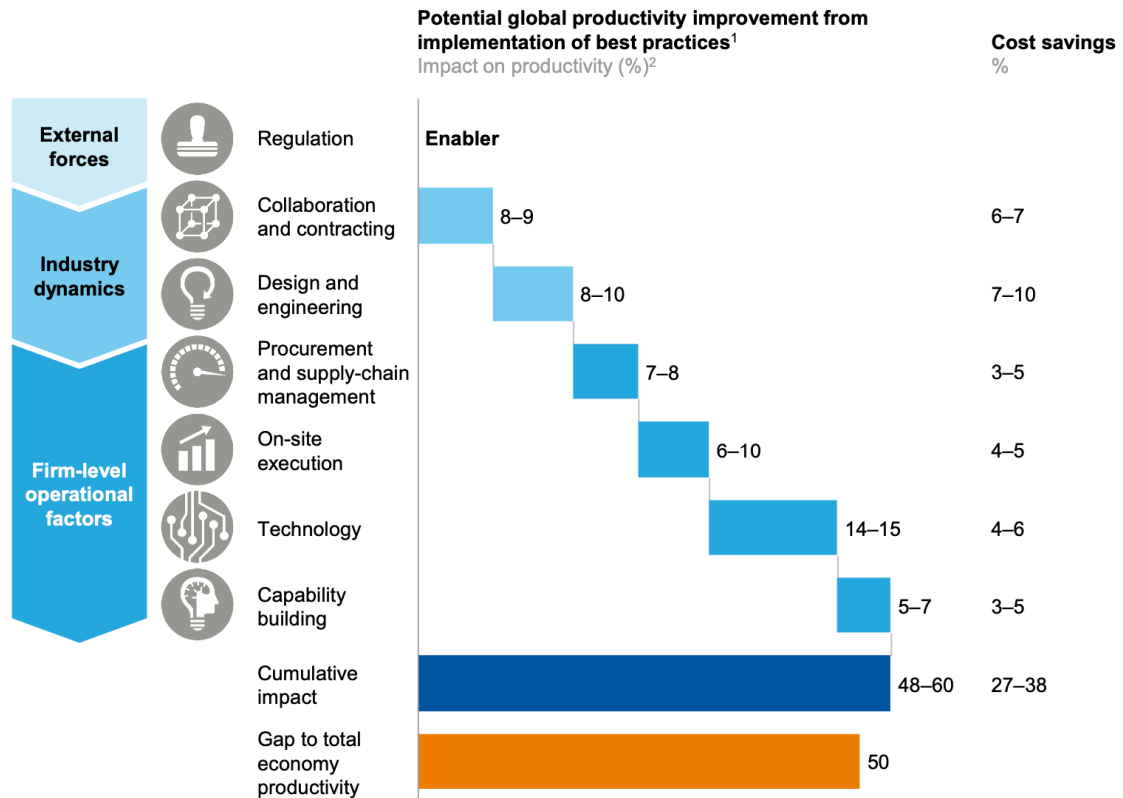
garantidamente um papel preponderante na disrupção tecnológica da fase de projeto, permitindo uma melhor interação entre os diferentes projetos e elevando o padrão de qualidade na preparação e acompanhamento da execução de qualquer obra. Este tipo de software é fundamental para uma compatibilização perfeita entre os diferentes projetos, sobretudo em edificações que grande dimensão. A utilização de drones para a realização de inspeções no estaleiro a locais pouco acessíveis ou até mesmo inseguros permitem fazê-las de forma expedita e com total segurança. Por outro lado, a centralização de informação em nuvem permitirá que toda a documentação de uma obra esteja acessível a todos os intervenientes, a qualquer hora e em qualquer lugar, criando uma interação muito mais dinâmica e produtiva entre todos, potenciando todo o processo construtivo. Importa ainda referir que a criação de novos materiais possibilitará igualmente estimular todo o processo construtivo, através da introdução de materiais mais leves e fáceis de transportar ou manusear em obra, como o aço leve recentemente introduzido no nosso país, ou ainda fomentar a consciência ecológica do setor, utilizando materiais com baixa pegada ecológica, como por exemplo o bloco a ser produzido a partir dos resíduos industriais que se encontra em fase de desenvolvimento no Centro de Investigação em Materiais e Tecnologias Construtivas da Universidade da Beira Interior.

- 7) Apostar na formação da mão de obra, pois não adianta implementar soluções tecnológicas ao nível da logística, distribuição ou gestão se a mão de obra não acompanhar este mesmo desenvolvimento. É do conhecimento comum que a mão de obra na construção está envelhecida, é cada vez mais reduzida e que só não é uma catástrofe no imediato devido à integração de migrantes no setor, permitindo assim mascarar todas estas carências. A formação da mão de obra deverá também passar pela criação de incentivos governamentais, sobretudo na aposta em formações profissionais específicas que permitiam atrair novas pessoas para o ramo sob pena que, em poucos anos, profissões como carpinteiros, serralheiros, eletricitas, canalizadores, entre outras sejam verdadeiras profissões em vias de extinção.

No fundo, a implementação destas estratégias de desenvolvimento, juntamente com as novas tecnologias que já se encontram ao dispor do setor, permitirão aumentar a produtividade e baixar os custos da indústria da construção. Na figura 3.4 facilmente se compreende o potencial impacto de cada uma das medidas apresentadas: a remodelação da legislação e a promoção da transparência do setor tem uma característica de desbloqueio da indústria, servindo de base para a integração das restantes medidas como a aposta na formação da mão de obra, que permitirá um aumento de 5 a 7% na produtividade e uma redução de custos de 3 a 5%, ou a melhoria da execução em obra, que potenciará a produtividade em 6 a 10% e reduzirá custos com a construção de 4 a 5 %.

Cascading effect

Regulation changes facilitate shifts in industry dynamics that enable firm-level levers and impact



¹ The impact numbers have been scaled down from a best case project number to reflect current levels of adoption and applicability across projects, based on respondents to the MGI Construction Productivity Survey who responded "agree" or "strongly agree" to the questions around implementation of the solutions.
² Range reflects expected difference in impact between emerging and developed markets.

Figura 3.4 – Impacto global da implementação de melhores práticas no setor da construção civil em matéria de produtividade. Fonte: *McKinsey Global Institute analysis*.

Note-se ainda que a integração de novas tecnologias, novos materiais e a automação de processos assumem-se como o fator que poderá aumentar mais a produtividade da indústria da construção, estimando-se um aumento de 14 a 15% em relação aos padrões atuais. Por outro lado, a questão da criação de processos repetitivos na produção de elementos base para a construção (construção modular) é a premissa que apresenta maior capacidade de poupança em termos de custos, representando 7 a 10% em analogia com os valores atuais. Tal facto, como referido anteriormente, prende-se em muito com a capacidade em esmiuçar este processo de fabrico repetitivo, otimizando recursos e tempo na sua produção.

A implementação destas medidas e políticas de desenvolvimento se aplicadas na sua globalidade, estima-se que poderão um impacto positivo em 48 a 60% na produtividade e 27 a 38% na redução de custos do setor, permitindo assim aproximar-se ou até mesmo ultrapassar a média de produtividade apresentada pela economia na sua globalidade.

3.4 Vantagens da digitalização da indústria da construção

A digitalização da construção civil poderá assentar não só em novas ferramentas digitais mas também em políticas disruptivas, rumo a um desenvolvimento pleno da indústria em geral e deste setor em particular. Deste modo, a sua correta aplicação apresenta inúmeras vantagens, de que se podem destacar:

- 1) Aumento da produtividade, através de maior controlo de todo o processo, resultando na poupança de recursos e reduzindo o tempo de produção.
- 2) Maior controlo na execução, introduzido a partir de softwares de gestão centralizada em toda a cadeia de valor ou ainda através dos processos repetitivos de fabrico de alta precisão (módulos) em fábricas que dispõem de equipamentos de última geração e consequente montagem em obra.
- 3) Redução de custos, assente na aposta em softwares que permitam um controlo exaustivo de todo o processo e na repetibilidade espectável na produção de elementos construtivos de base, o que facilita a otimização do processo de fabrico no aproveitamento de materiais e recursos humanos.
- 4) Sustentabilidade da construção civil e redução da pegada ecológica da construção, situação cada vez mais premente e globalmente discutida entre os diversos setores. A indústria da construção também aqui assumirá um papel fundamental no combate às alterações climáticas, pelo que deverá existir imperativamente o compromisso de reduzir o desperdício de materiais, através de uma otimização de todo o processo construtivo com recursos tecnológicos, e ainda a introdução de novos materiais amigos do ambiente. Para além destas duas premissas, é erradamente associada a consciência ambiental na construção civil a um aumento significativo de custos. No entanto, tal não corresponde à verdade. A automação de edifícios, conhecidos como prédios inteligentes ou *smartbuildings*, permitem gerir os recursos destas construções de forma efetiva e eficaz (iluminação, segurança, climatização de espaços comuns, rega de espaços verdes, entre outras valências), reduzindo custos operacionais. Cada vez mais existe por parte do consumidor um reconhecer de valor adicional a este tipo de ativos, pelo que, por outro lado, a implementação destas medidas e materiais valorizam o projeto em si e contribuem positivamente para a preservação dos recursos naturais. Atendendo ainda que as alterações climáticas têm provocado fenómenos naturais cada vez mais extremos, também aqui a investigação, desenvolvimento, produção e aplicação de novos materiais assumem um papel preponderante, pois deverão possuir características de resistência em conformidade com as exigências climatéricas que hoje o Mundo enfrenta sem sacrificar a neutralidade ambiental que igualmente se necessita.

4. Aplicações de apoio à gestão global de projetos

4.1 Caracterização das aplicações de gestão de projetos

A Indústria da Construção é normalmente caracterizada pela elevada diversidade de *players* e entidades, pela complexidade de toda a cadeia de valor, sendo um setor, na sua globalidade, altamente resistente à inovação na integração de novas tecnologias quando comparado com outras indústrias, como a indústria automóvel ou aeroespacial (Muñoz-La Rivera et. al, 2020).

Por outro lado, o conceito Construção 4.0 baseia-se na exploração de todo o potencial existente na digitalização global de informação e de procedimentos e ainda na quantidade massiva de informação armazenável em nuvens digitais, facilmente acessíveis pelos utilizadores deste setor a qualquer hora e em qualquer lugar (Oesterreich & Teuteberg, 2016).

Embora a implementação das novas tecnologias no setor da construção seja um processo relativamente lento (Klinc et al., 2009; Klinc, Turk, & Dolenc, 2010), atendendo que será necessário em primeiro lugar mudar o mindset de todos os *players* no setor, é do conhecimento geral que esta transformação é e será fundamental para a evolução da Indústria no geral, e deste setor em particular (Salamak & Januszka, 2018).

O facto de existir uma enorme discrepância em termos de maturação tecnológica entre os diversos *players* presentes na cadeia de valor da construção, contribui negativamente para uma implementação mais expedita destas mais valias tecnológicas na globalidade do procedimento, atendendo que chega a ser um problema cultural enraizado no interior das empresas do ramo (Klinc & Turk, 2019).

Assim, sendo inequívoco que a indústria da construção tem um elevado potencial de crescimento, sobretudo em matéria de produtividade, qualidade de produto e otimização de custos e de prazos de execução, torna-se fundamental a integração de tecnologias que visem agilizar todos os processos.

Nesse sentido, pode-se identificar dois tipos de aplicações que assumirão um papel cada vez mais importante na obtenção de melhores resultados e no menor tempo possível:

- 1) Metodologia BIM metodologia esta capaz de refletir todo o ciclo de vida da construção, desde a fase de conceção e estudo prévio com especial foco na compatibilização dos diferentes projetos, até à fase de execução ou manutenção do edifício, com base num modelo digital integrado de todas as especialidades (Arsenault, 2009; Primavera, 2020). Embora as aplicações baseadas neste conceito tenham evoluído muito ao longo

dos anos, tratando-se de aplicações completas são igualmente bastante complexas, obrigando a formação específica para a sua correta utilização por parte de projetistas, empreiteiros e promotores. No entanto, o seu potencial é colossal, pelo que deverá ter um impacto significativo em todo o processo (Arsenault, 2009).

- 2) Aplicações tecnológicas de gestão de informação otimizadas para o setor da construção. Este tipo de software, ainda que focado sobretudo na fase de planeamento, gestão de obra e controlo de qualidade, financeiro e temporal da empreitada, é de absoluta importância tendo em consideração que permitem também a otimização dos canais de comunicação internos de cada empresa e também no melhoramento das relações com parceiros estratégicos (fornecedores, subempreiteiros, clientes finais) (Berger, 2018). Ainda que não incida sobre todas as fases da construção, é relativamente à metodologia BIM, de utilização mais amigável e simples de implementar no estaleiro.

Sabendo que no mundo moderno, e de acordo com a famosa frase de Benjamin Franklin, “*tempo é dinheiro*”, a análise de dados e consequentes tomadas de decisão têm, imperativamente, que ser tomadas no menor intervalo de tempo sem colocar em causa a segurança e a qualidade desejada para o produto final.

4.2 Metodologia BIM – Da fase de conceção à execução em obra

BIM (*Building Information Modeling*) ou Modelação de Informação da Construção, é uma das tecnologias mais auspiciosas na área da arquitetura, engenharia e construção, sendo mesmo considerado como um dos principais motores da revolução digital do setor (Azhar, 2011; Eastman et al., 2011).

No modelo BIM, um ou mais modelos virtuais de um edifício são gerados de forma digital, servindo de suporte ao projeto durante as diferentes fases de conceção, permitindo assim uma melhor análise e controlo comparado aos processos manuais/tradicionais (Eastman et al., 2011).

Para a *Autodesk Inc*, uma das principais empresas a nível mundial no desenvolvimento de software especializado na área da arquitetura, engenharia e construção, define o BIM como uma metodologia baseada num modelo 3D inteligente que integra a arquitetura, engenharia e profissionais de construção, de forma participativa e inclusiva, com uma nova visão e ferramentas para um melhor planeamento, conceção, construção e gestão dos edifícios e respetivas infraestruturas (Autodesk, 2016).

A metodologia BIM permite assim a integração das equipas de projeto e da construção na mesma fase de desenvolvimento, potencializando uma melhor qualidade dos edifícios e reduzindo os custos associados a erros ou incompatibilidades de projeto (Hardin & McCool, 2015).

Esta nova metodologia colaborativa que caracteriza o BIM potencializa uma comunicação mais eficiente entre as várias partes do projeto que, juntamente com uma fluida transferência da informação do edifício, permitem um *workflow* dinâmico e uma entrega de projeto preciso e eficiente (Hardin & McCool, 2015).

Deste modo, as relações de interdependência entre todos os *players* do setor da arquitetura, engenharia e construção é elevada e direta em todas as fases de desenvolvimento, desde a conceção até ao planeamento, gestão, construção e manutenção do edifício (Addor, et al. 2010).

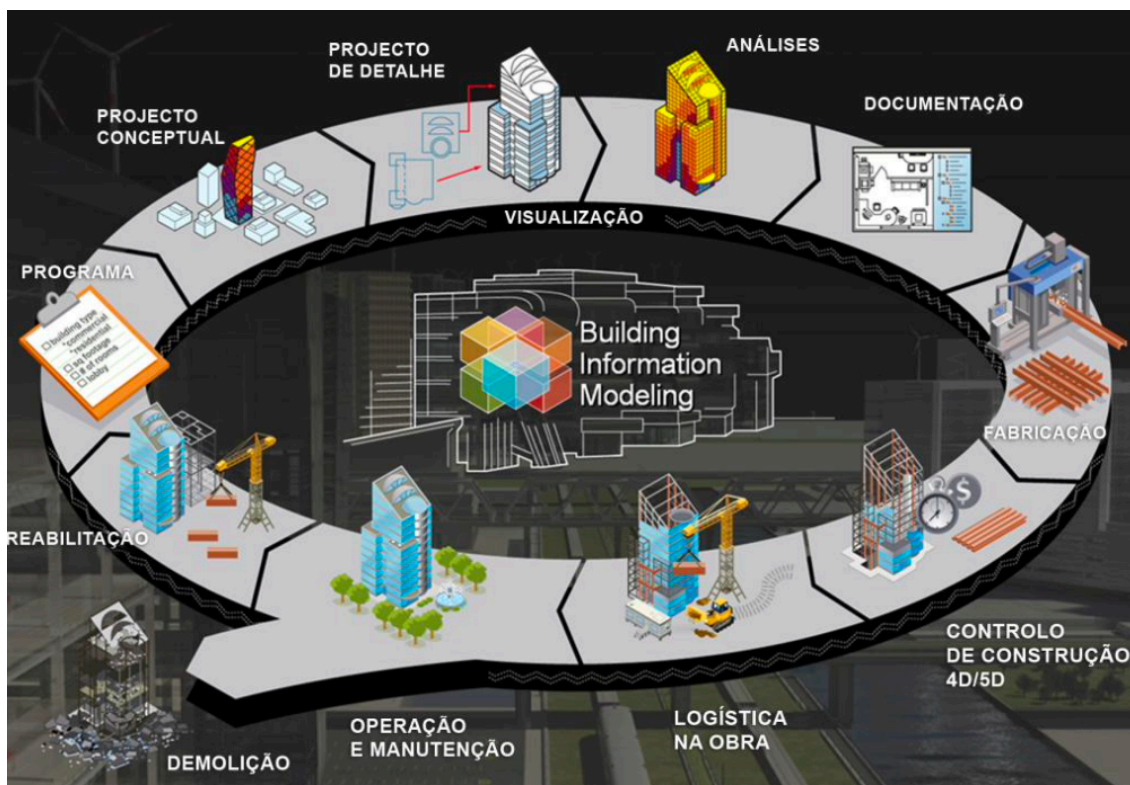


Figura 4.1 - Representação esquemática da metodologia BIM na construção civil e a interação com todos os intervenientes no processo. [Fonte: (Buildipedia s.d.)].

4.2.1 As dimensões do BIM

A metodologia BIM divide-se em cinco dimensões, em função do nível de detalhe e variáveis adicionadas que o definem no acompanhamento do ciclo de vida de um edifício. Assim, as dimensões são as seguintes:

- 1) Dimensão 3D baseia-se na modelação Paramétrica das condições existentes e/ou a construir, consistindo na produção de peças desenhadas de apoio à construção e à revisão de projetos (Azhar, 2011), no levantamento exaustivo das circunstâncias reais presentes no edifício. O BIM 3D pode ainda ser utilizado para preparação e corte automatizado na pré-fabricação e para deteção de conflitos.
- 2) Dimensão 4D, dimensão esta focada nas tarefas planeamento e coordenação de tarefas a executar, adicionando a variável tempo ao modelo 3D, com recurso a um cronograma

(US General Services Administration, 2009), obtendo assim uma coordenação global do projeto.

Modelos BIM-4D permitem ainda sequenciar a construção de forma prática e eficaz, correlacionando a ordem dos materiais com os processos de produção e permite ainda estimar e definir prazos de entrega para todos os elementos a integrar o edifício (Azhar, 2011).

Na esfera do construtor, a dimensão 4D permite projetar e determinar onde os trabalhadores, materiais e equipamentos deverão se posicionar e qual o prazo necessário para a sua colocação ou execução (Akinci, Fischer, & Kunz, 2002).

- 3) Dimensão 5D, cujo conceito se baseia na introdução da variável tempo e custo ao modelo 3D (Mubarak, 2015). A introdução desta dimensão permite calcular e estimar de forma eficaz os custos do investimento a realizar, assim como os custos parciais de projeto se pretendido (Zhyzhneuski & Babic, 2011).

Nesta dimensão, é possível realizar o estudo de cenários hipotéticos com estimativas de potenciais custos associados a cada cenário, possibilitando uma tomada de decisão devidamente fundamentada sobre as soluções construtivas a adotar (Azhar, 2011).

- 4) Dimensão 6D, dimensão cuja sua principal preocupação e função é focar-se na dimensão sustentável do edifício, como a análise energética, a determinação do ciclo de vida e a avaliação do impacto ambiental que este poderá causar.
- 5) Dimensão 7D, metodologia esta centralizada na gestão das edificações. Esta dimensão assume grande preponderância atendendo que através deste recurso é possível construir um modelo digital do edifício exatamente conforme foi construído, auxiliando na hora que seja necessário realizar manutenção às instalações do empreendimento (McArthur, 2015).

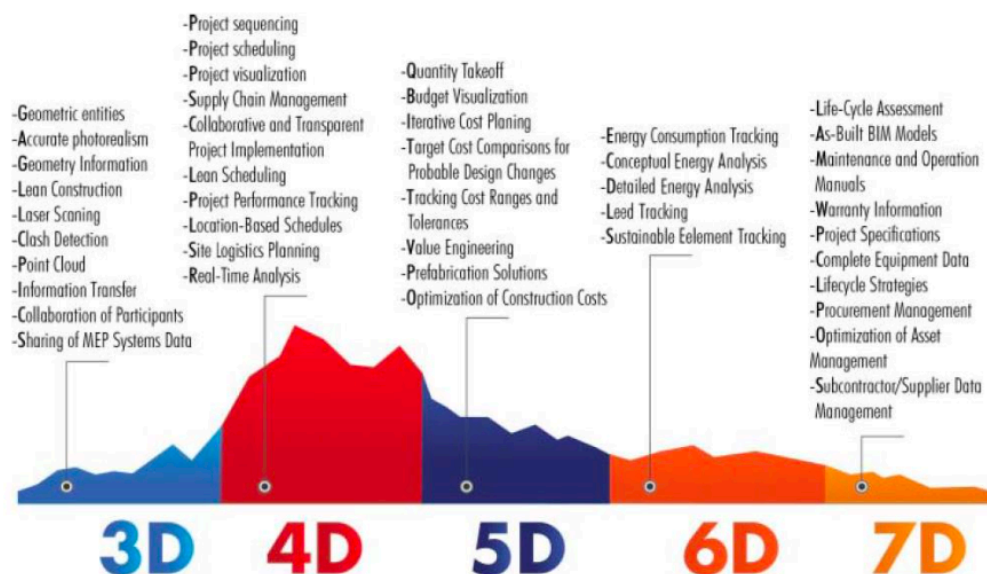


Figura 4.2 – As dimensões do BIM e as características fundamentais que constituem cada uma delas.
Fonte: (Mubarak, 2015).

4.2.2 Conceito de níveis de Desenvolvimento e de Detalhe

O nível de desenvolvimento, *Level Of Development* (LOD), e de detalhe exigível da metodologia BIM varia consoante as diferentes fases em que se encontra o processo, ou seja, se se encontra na fase de projeto, de construção ou de utilização. Se durante a fase de concepção/projeto não é requerido um elevado nível de desenvolvimento e volume de informação a considerar, por sua vez tal não acontece na fase de construção: são necessárias informações detalhadas do processo de fabricação e montagem. Com o intuito de categorizar os diferentes níveis, a organização *American Institute of Architects* propõe cinco categorias: os três primeiros estão relacionados com a fase de concepção do projeto; o quarto está associado à fase da execução/construção; o quinto está relacionado com a fase de operacionalização do edifício e a sua manutenção durante o respetivo ciclo de vida (Odeh, D., et al, 2011 e Rauch, A., et al, 2011).

O Structural Engineering Institute – Council of American Structural Engineers, em 2011, trata de categorizar os níveis de detalhe da seguinte forma (Odeh, D., et al, 2011 e Rauch, A., et al, 2011):

- 1) LOD 100: modelo básico que permite, basicamente, quantificar massa e volume;
- 2) LOD 200: modelo relativamente mais desenvolvido que já contém aproximadamente 35% de informação para dimensionamento, quantidade esta que já poderá permitir a realização de uma análise estrutural básica, ou seja, uma espécie de estudo prévio estrutural;

- 3) LOD 300: Com este nível de detalhe, estarão reunidas as condições para retirar a informação do modelo digital para a preparação das peças normalmente necessárias para o projeto de execução;
- 4) LOD400: o modelo BIM, com este grau de desenvolvimento, inclui detalhes adicionais e todas as estruturas primárias e secundárias de suporte. Deverá conter ainda a informação completa sobre o processo de fabrico, a montagem e diversos dados de detalhe até aqui não apresentados;
- 5) LOD 500: o modelo BIM que representa todos os elementos e sistemas em concordância com a obra executada, mostrando o edifício ao pormenor na sua totalidade. É este o modelo preferencial para a manutenção do edifício.

4.2.3 Vantagens na integração da metodologia BIM

A SmartMarket publicado em 2013, pela mão da *McGraw Hill Construction*, um relatório acerca da integração do BIM no setor da construção nas nove maiores indústrias do mundo, das quais 75% das construtoras inquiridas responderam positivamente sobre o investimento realizado em metodologia BIM.

Com o tratamento dos dados obtidos a partir dos inquéritos, verifica-se que o maior benefício identificado pelos empreiteiros é a redução de erros e omissões existentes em projeto, sobretudo por incompatibilização entre diferentes especialidades, e a redução do trabalho repetitivo, ou retrabalho. A otimização na colaboração entre os membros das diferentes equipas, a melhoria no controlo de custos, na redução do tempo de obra, e nos fluxos de trabalho são igualmente reconhecidos como benefícios importantes para os empreiteiros no decurso de todo o processo (SmartMarket Report 2014).



Figura 4.3 – Principais vantagens expectáveis da implementação do BIM para os empreiteiros nos primeiros três anos de integração (Fonte: McGraw Hill Construction, 2013).

Em termos de implementação da metodologia BIM a nível global, pode-se concluir que a sua integração nos Estados Unidos da América e no Canadá cresceu a um ritmo elevado nos últimos anos (SmartMarket Report 2014). Na Europa, países como a Finlândia, Dinamarca e Reino Unido são dos países com maior índice de integração, atendendo sobretudo a políticas governamentais que visam fomentar a sua utilização, como a obrigatoriedade de apresentação dos projetos segundo a metodologia BIM em qualquer obra pública (SmartMarket Report 2014).

Em Portugal, por outro lado, onde poucas são as entidades licenciadoras a exigirem a entrega de processos de licenciamento em formato digital, será difícil a integração do BIM como metodologia necessária para a execução e licenciamento (Parreira 2013).

4.2.4 Softwares com metodologia BIM

Existem já diversas soluções de software no mercado que utilizam a metodologia BIM, apresentando capacidade de resposta em função da especialidade em causa, quer seja arquitetura, dimensionamento estrutural, eletricidade, águas, AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado) ou até mesmo nas áreas de gestão de projeto orçamentação de obras. É importante ainda referir que a grande vantagem da metodologia BIM é a questão da compatibilização entre aplicativos, permitindo assim a construção do modelo digital completo com a interação de diferentes softwares (Autodesk, 2016).

Na figura 4.4 apresentam-se diversas soluções de software, por especialidade, que utilizam a metodologia BIM:

Especialidade	Aplicativo	Fornecedor
Arquitetura	Revit Architecture [®]	Autodesk
	ArchiCAD [®]	Graphisoft
	Vectorworks [®]	Nemetschek / Vectorworks
	Bentley Architecture [®]	Bentley Systems
	Allplan [®]	Nemetschek Allplan
	DDS-CAD Architecture [®]	Data Design System
	Digital Project [®]	Gehry Technologies
	Arriba CA3D [®]	RIB
Estruturas	Revit Structure [®]	Autodesk
	CypeCAD [®]	Cype
	SDS/2 [®]	Design Data
	Scia Engineer [®]	Nemetschek Scia
	Tekla Structures [®]	Tekla
	CAD/TQS [®]	TQS
	Bentley Structural [®]	Bentley Systems
Eletricidade	Revit MEP [®]	Autodesk
	Building Electrical Systems [®]	Bentley Systems
	DDS-CAD Electrical [®]	Data Design System
Águas e AVAC	Revit MEP [®]	Autodesk
	Bentley Mechanical Systems [®]	Bentley Systems
	CypeMEP [®]	Cype
Gestão de Projeto	Navisworks [®]	Autodesk
	Synchro [®]	Synchro <i>Software</i>
	Solibri Model Checker [®]	Solibri
Gestão e Orçamentação de Obras	Vico Office [®]	Vico
	Volare/TCPO [®]	Engevertis

Figura 4.4 – Listagem de softwares comerciais baseados e/ou compatíveis com a metodologia BIM (Simões, 2013).

4.3 Plataformas colaborativas de gestão de informação centralizada – o futuro da gestão de projetos

A gestão de obra é um processo extremamente complexo, envolvendo diferentes intervenientes, como instituições públicas responsáveis pelo licenciamento e fiscalização da obra, donos de obra, empreiteiros, subempreiteiros, projetistas ou fornecedores, e recursos, quer sejam materiais ou equipamentos (Cunha, 2012).

Como se não bastasse, a gestão de obra possui ainda diversas variáveis dinâmicas, como a qualidade, custo e prazos na execução, gestão de recursos humanos e materiais, entre outros (Cunha, 2012). Assim, uma boa gestão de obra resulta, imperativamente, no cumprimento dos prazos estabelecidos, no seguimento escrupuloso do orçamento definido e na concretização dos padrões de qualidade expectáveis. (Primavera, 2021).

De forma a cumprir com os pressupostos anteriormente descritos, a transformação digital do setor da construção necessita obrigatoriamente de mão de obra mais qualificada e bem equipada, recorrendo a equipamentos digitais como *tablets*, *smartphones* e drones, equipamentos estes que hoje em dia estão massificados e que são capazes de recolher informações uteis para determinada fase do processo (Berger, 2018).

No entanto, estes equipamentos por si só não farão com que se aumente a produtividade do processo de construção, pelo que poderão ser acessórios valiosos na recolha de dados para serem carregados em plataformas colaborativas de gestão de informação centralizada. Estas plataformas otimizadas para o setor da construção permitem a centralização da informação, podendo ser acedida por qualquer interveniente em qualquer lugar ou qualquer hora, a potencialização da comunicação entre os diversos *players* ou ainda a identificação e gestão de desconformidades em obra (Berger, 2018).

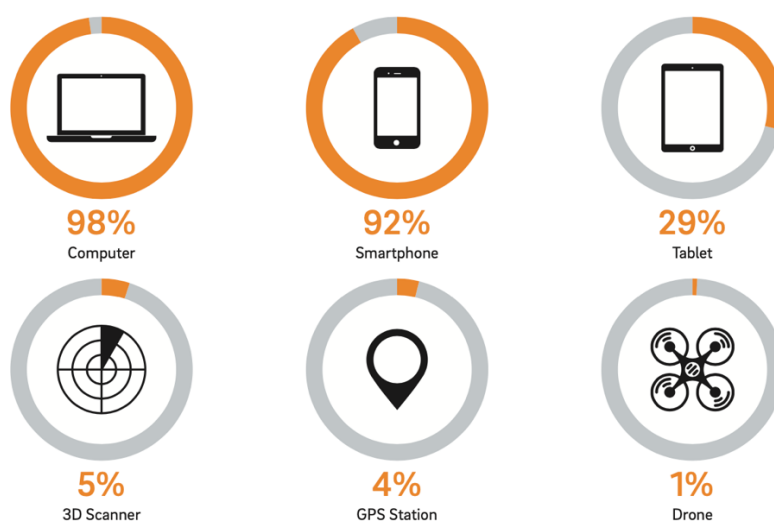


Figura 4.5 – Rácio de equipamentos digitais utilizados no setor da construção civil (Fonte: *KYU Lab survey for Constructys 2017*; análise realizada pela *FinalCad*, 2018).

4.3.1 As funcionalidades das plataformas colaborativas na gestão de projetos

A introdução deste tipo de aplicações ou plataformas colaborativas prende-se com a necessidade de centralização de informação de qualidade e sobretudo com o aumento da produtividade das equipas e interlocutores em obra e redução dos custos associados a desperdícios, trabalhos que

tenham que ser refeitos ou ainda derrapagens nos prazos de execução pré-definidos (Cunha, 2012).

Assim, as empresas responsáveis pelo desenvolvimento destas plataformas procuraram dar resposta às necessidades e desafios que o setor da construção coloca. As principais funcionalidades que merecem destaque são:

- 1) Integração de chats otimizados para a área da construção, permitindo a segmentação dos mesmos por trabalho e/ou especialidade na forma de grupos de trabalho virtuais. (LetsBuild, 2021). Mesmo existindo esta divisão por áreas de especialização, simultaneamente, toda a informação acaba por estar centralizada na aplicação e à distância de um *click*. Esta funcionalidade é bastante interessante também para controlo de qualidade na execução, permitindo identificar concretamente quem é o responsável pela resolução da desconformidade e a evolução do trabalho de retificação (Finalcad 2021).

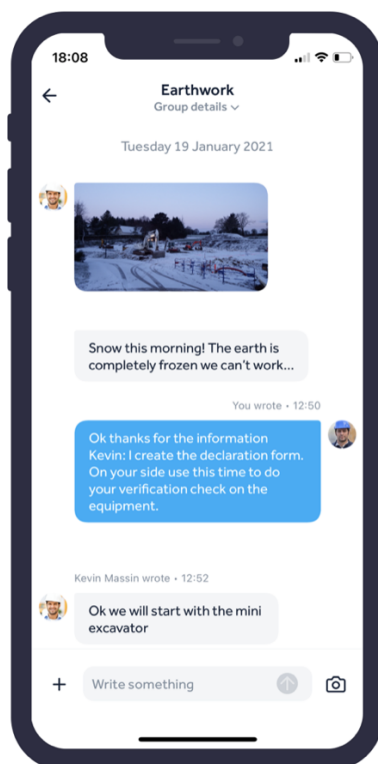


Figura 4.6: Exemplo de grupo de trabalho virtual de movimentação de terras numa determinada obra (Finalcad, 2021).

- 2) Controlo de qualidade e gestão de ocorrências, permitindo a identificação de desconformidades ou questões a serem respondidas por determinado subempreiteiro ou técnico responsável pela sua execução de forma simples e intuitiva. Permite ainda a

anexação de fotografias, a exportação de ficheiros para arquivo e o acompanhamento *in loco* da evolução da resolução do problema (LetsBuild, 2021; Finalcad, 2021).

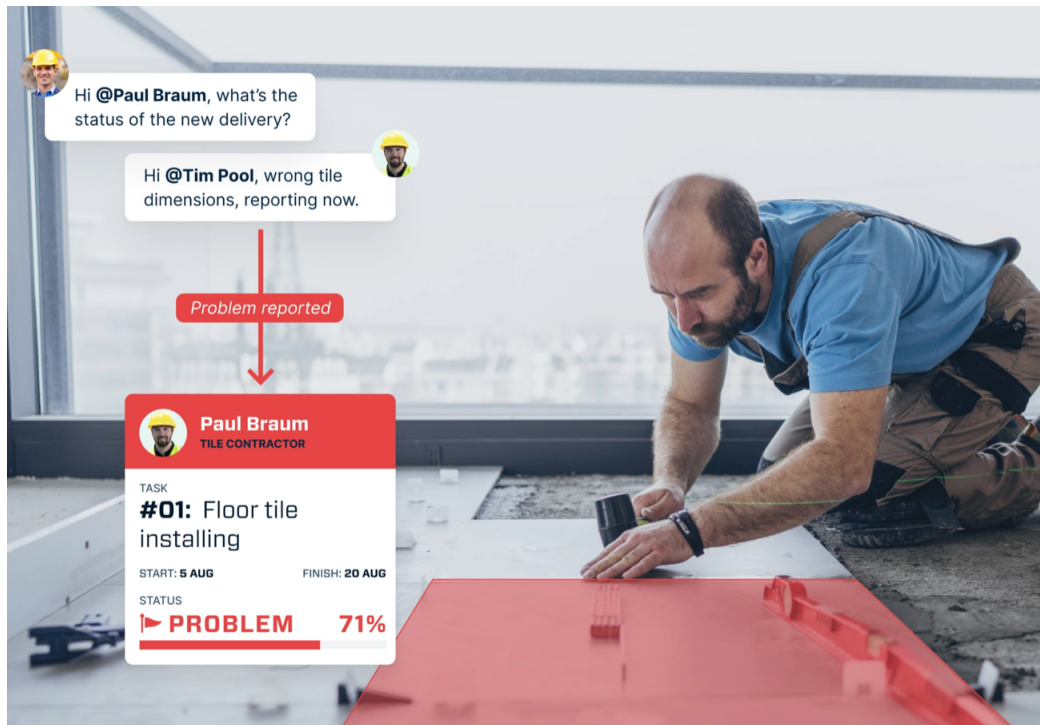


Figura 4.7: Exemplo de resolução de desconformidade em obra acompanha *in loco* pelos diversos intervenientes (Lets Build, 2021).

- 3) Centralização de informação na plataforma, acessível a qualquer *player* em qualquer local ou hora que convier (PlanRadar, 2021). Esta característica permite que todos os intervenientes no estaleiro possam verificar últimas versões dos projetos, consultar pormenores construtivos ou assinalar em plantas localizações específicas de ocorrências ou comentários (Construpoint, 2021).



Figura 4.8: Exemplo de integração de ocorrências ou comentários nas plantas base do projeto (Lets Build, 2021).

- 4) Disponibilização de Templates uniformizados, personalizáveis e inteligentes e ainda módulos de programação, ocorrências ou cronogramas para utilização no dia-a-dia de qualquer obra, permitindo poupar tempo na realização, atualização, análise ou discussão de cada tipo de documento (orçamentos, autos de medição, ficha de controlo de qualidade, entre outros). Estes mesmos documentos estão acessíveis a partir das plataformas colaborativas para fácil edição e consulta dos intervenientes (Construpoint, 2021).



Figura 4.9: Exemplo de *template* automatizado e acessível a partir de plataforma colaborativa online(Construpoint, 2021).

4.3.2 Vantagens na utilização de plataformas colaborativas de gestão de informação centralizada

As plataformas colaborativas estão e estarão em constante evolução, face também à competitividade do setor da indústria tecnológica, permitindo melhorar e adicionar novas funcionalidades a este tipo de ferramentas.

A utilização destas plataformas especializadas em armazenamento, tratamento e gestão de informação centralizada apresenta as seguintes vantagens:

- 1) Redução de custos, tanto pela diminuição de desperdícios em obra, custos operacionais e administrativos (Cunha, 2012);

- 2) Potencialização das margens de lucro, através do controlo rigoroso da programação de trabalhos a serem executados e diminuição da probabilidade de derrapagem orçamental ou incumprimento de prazos de execução (Primavera Construction, 2021);
- 3) Redução drástica na probabilidade de haver informação dispersa (Construpoint, 2021), considerando que toda a informação, desde os projetos, autos de medição, fichas de controlo de qualidade, entre outros documentos, se encontram alojados na plataforma e acessíveis para todos a qualquer hora e em qualquer lugar, aumentando também a transparência entre todos os intervenientes; Os grupos de trabalho virtuais por especialidade contribuem, e muito, na facilidade de comunicação entre *players* e permite segmentar a informação para uma mais rápida resolução. A centralização de informação permite também, em tempo real, que qualquer interveniente tome conhecimento de alguma desconformidade e possa atuar de forma decisiva num curto espaço de tempo (Berger, 2018);
- 4) Otimização da relação estaleiro – obra, agilizando a comunicação entre estes dois ambientes de trabalho distintos, cuja articulação é fundamental para o sucesso dos trabalhos em desenvolvimento no estaleiro. Com a utilização destas ferramentas, plantas retificadas ou especificações técnicas solicitadas são disponibilizadas de imediato assim que sejam carregadas na plataforma, tornando esta relação mais eficiente e produtiva (Letsbuild, 2020).

4.3.3 Principais ferramentas colaborativas de gestão de informação centralizada na construção

Com o avanço tecnológico a nível global e a feroz competitividade da indústria tecnológica, anualmente surgem novas aplicações, com diferentes funcionalidades, para a gestão de informação centralizada no setor da construção.

Após a consulta intensiva por parte do autor do presente trabalho de dissertação, foram escolhidas cinco plataformas colaborativas para a realização de uma análise comparativa às funções disponíveis: *Construpoint*, *FinalCad*, *LetsBuild*, *PlanRadar* e *Primavera*.

A escolha em causa foi baseada na obrigatoriedade de conterem as seguintes funções:

- 1) Chat integrado para interação entre os diversos interlocutores, podendo inclusive serem criados grupos de trabalho específicos por área de intervenção, como por exemplo grupo de projetistas, grupo financeiro da obra, entre outros;
- 2) Centralização da informação em nuvem, acessível por todos os intervenientes a qualquer hora e em qualquer lugar;
- 3) Participação de ocorrência ou registo de observações diretamente na plataforma, com possibilidade de envio automático para o responsável pela tarefa designada;
- 4) Uniformização de documentação, através do fornecimento de Templates para documentos técnicos característicos do processo construtivo, como fichas de segurança

e saúde, controlo de qualidade, entrega de equipamentos de proteção individual, entre outros;

- 5) Exportação, em diferentes formatos de ficheiro, de toda a informação gerada e armazenada na plataforma, para apresentação a potenciais clientes, fornecedores ou subempreiteiros que apresentem um menor nível de digitalização.

Estas são as funções que o autor considerou como absolutamente fundamentais para a obtenção de um nível de digitalização no estaleiro relativamente elevado, importando ainda referir que a comparação realizada entre plataformas teve como base o plano de subscrição gratuito ou de demonstração.

Assim, as aplicações *FinalCad*, *LetsBuild* e *PlanRadar* apresentam funções otimizadas para a fase de gestão de obra, em matéria de controlo de qualidade e organização de recursos humanos e materiais. Apresentam várias hipóteses de subscrição, variando em função do número de gestores de projeto, do número de projetos ou ainda das funcionalidades adicionais que se pretendam acrescentar, nomeadamente a integração com ferramentas Cad. Embora não sejam tão completas como as plataformas *Construpoint* e *Primavera*, que apresentam funções adicionais para a realização de tarefas na área da gestão financeira da obra, como a obtenção de cronogramas financeiros, cronograma de obra, mapas de saldos ou ainda *templates* de orçamentação pré-definidos, apresentam uma “vantagem” em relação a estas: não são tão complexas e apresentam uma utilização da ótica do utilizador bastante amigável, fator fundamental para dar início à digitalização de qualquer estaleiro, tendo em consideração o baixo ou muito baixo nível de digitalização de determinados interlocutores.

De seguida, na tabela 4.1 é possível comparar as aplicações em função das ferramentas que disponibilizam aos interlocutores presentes no processo da construção.

Tabela 4.1 – Matriz comparativa de funcionalidades integradas em plataformas colaborativas no setor da construção.

Funcionalidades	Plataformas colaborativas de gestão de informação centralizada no setor da construção				
	<i>Construpoint</i>	<i>FinalCad</i>	<i>LetsBuild</i>	<i>PlanRadar</i>	<i>Primavera</i>
Chat integrado para interação entre os diversos intervenientes.	x	x	x	x	x
Módulo de orçamentação integrado.	x				x
Módulo de análise comparativa de propostas.	x				x
Participação e gestão de	x	x	x	x	x

ocorrências centralizada (relatório + fotos).					
<i>Templates</i> Auto de medição.	x	x			
<i>Templates</i> para contratos de empreitada.	x				x
<i>Template</i> de Ficha de controlo de qualidade.	x	x	x	x	x
<i>Template</i> de ficha de controlo de segurança e saúde em obra.	x	x	x	x	x
Registo de obra.	x	x	x	x	x
Exportação de ficheiro em diversos formatos (Excel, PDF).	x	x	x	x	x
Avaliação fornecedores.					
<i>Upload</i> de ficheiros (projetos, documentos técnicos, entre outros).	x	x	x	x	x
Armazenamento em <i>Cloud</i> .	x	x	x	x	x
Aplicação móvel	x	x	x	x	x

Tal como fora referido anteriormente, em função da praticabilidade e utilização amigável, consequentemente pela maior facilidade na sua integração em obra, o autor do presente trabalho de dissertação optou por aplicar a ferramenta fornecida pela *FinalCad*, ferramenta esta capaz de dar resposta à maioria dos desafios encontrados no decurso de uma obra, conforme será descrito no capítulo seguinte.

5. Caso prático: aplicação de plataforma colaborativa de gestão de informação centralizada em empreendimento na Covilhã

5.1 Enquadramento e caracterização do projeto

5.1.1 Enquadramento do empreendimento

O empreendimento em análise no presente capítulo localiza-se em loteamento situado em zona urbana consolidada na cidade da Covilhã.



Figura 5.1 – Localização do empreendimento com recurso a fotografia aérea (Google Earth, 2021).

Segundo a informação recolhida, o objetivo do promotor foi iniciar a dinamização deste loteamento com esta primeira fase de promoção imobiliária, no qual é proprietário de 95% dos lotes que o constituem. Está prevista a construção, numa segunda fase, de mais seis moradias unifamiliares e, numa terceira e quarta fase, a construção de edifícios de habitação multifamiliar.



Figura 5.2 – Planta geral do loteamento com identificação dos lotes que constituem a 1ª fase de promoção imobiliária (Ferreira, 2017).

O loteamento em si encontra-se bem servido de vias de comunicação e infraestruturas básicas de saneamento, abastecimento de água, eletricidade ou telecomunicações. Apresenta ainda uma vista privilegiada para a Cova da Beira e está inserido numa zona tranquila, familiar e relativamente perto do centro da cidade.

Está localizado num dos bairros históricos da cidade da Covilhã, o bairro dos Penedos Altos, bairro este que foi inicialmente idealizado e construído como bairro social ao abrigo dos programas habitacionais do Estado Novo (Jesus, 2010). Posteriormente, atendendo à forte indústria dos lanifícios implementada na cidade, foram construídas diversas habitações com o intuito de alojar famílias ligadas a este setor industrial em particular.

Atualmente, é um bairro dotado de diversas mais valias, como jardins, parque infantil, piscina municipal coberta, escolas, pavilhão gimnodesportivo, associações culturais, entre outras, cuja procura por habitação própria permanente tem crescido.



Figura 5.3 – As moradias em construção possuem vistas privilegiadas sobre a Cova da Beira (Fotografia aérea com recurso a *drone* realizada pelo autor, 2020).

5.1.2 Caracterização da proposta programática do projeto

Relativamente a esta fase de promoção imobiliária, este projeto contempla a construção de sete moradias unifamiliares, de tipologia T3, em que o arquiteto responsável pela sua conceção define, em memória descritiva do projeto de licenciamento, como sendo “casas, constituídas por dois volumes, um de dois pisos e um outro de um piso desencontrados mas unidos entre si, (...) que se repetem encostados aos lotes confinantes mas que permitem criar um jogo de cheios e vazios com o objetivo de desconstruir uma banda de habitações contínuas com dois pisos. O volume de dois pisos que define a frente de rua, maior, consequência propositada do projeto, assume-se como um corpo de cobertura inclinada com duas águas criando uma analogia à tipologia de “Chalé de Montanha” com uma inclinação das telhas de 45°, adequada a uma construção localizada no sopé da montanha, formando um volume em conjunto com o corpo de um piso mais recuado que resulta numa imagem contemporânea, com aberturas de vãos onde se vai demonstrando necessário para o desenvolvimento do programa interior da casa. Todo o volume se assume como duas “caixas” brancas, privilegiando a reflexão solar da construção incluindo as telhas da cobertura na cor branca, com resultados positivos no que diz respeito a sua eficiência energética. Os volumes desencontram-se lote a lote em ambos os pisos, propondo-se assim uma dissonância formal que resulta em espaços de luz e sombra” (Ferreira, 2017).



Figura 5.4 – Renderização 3D realizada na fase de projeto para melhor percepção do produto final (Ferreira, 2017).

Em termos de conteúdo programático das moradias, o projetista responsável pelo projeto de arquitetura define ainda que *“a habitação divide-se em 2 pisos, numa tipologia T3. No Piso 0, localizam-se sala comum com lareira, cozinha com zona de refeições, despensa, um quarto e uma instalação sanitária. Todo este piso se abre para as zonas exteriores, principalmente a tardoz, através da cozinha e da sala. No piso 1, zona mais reservada, propõem-se uma Suíte Principal, incluindo casa de banho completa e com acesso ao terraço na cobertura do piso 0, e mais uma Suíte também com casa de banho privativa.”* (Ferreira, 2017).

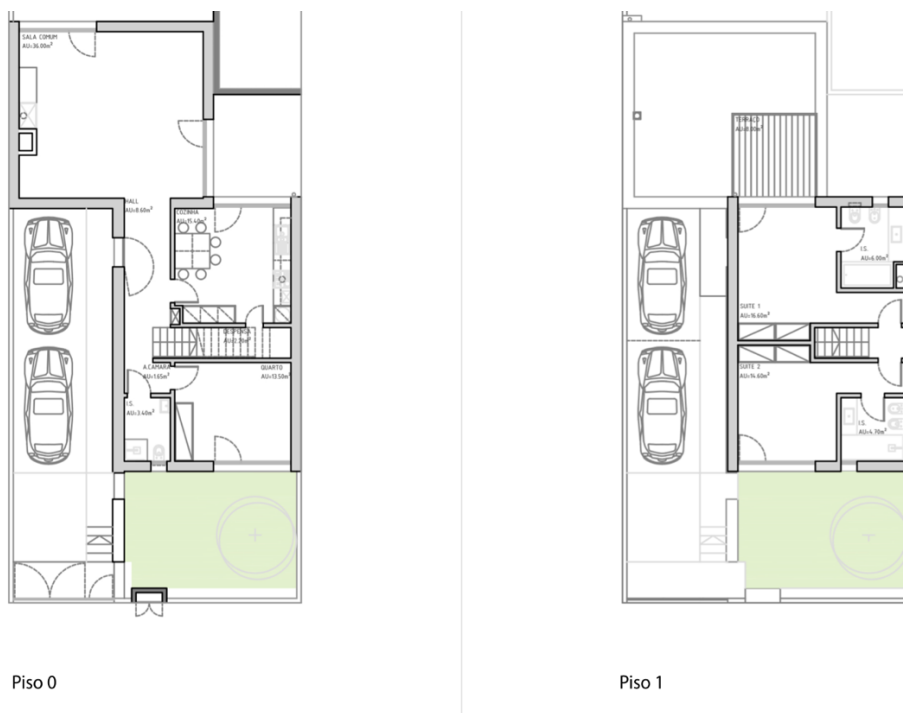


Figura 5.5 – Extrato das plantas comerciais do modelo de moradia, por piso (Ferreira, 2017).

De acordo com a informação recolhida, o objetivo do promotor, com o apoio do arquiteto responsável pelo seu desenvolvimento, foi criar um modelo de construção de moradia e replicá-lo nos sete lotes urbanos em causa, permitindo assim a repetibilidade desejável nos materiais a utilizar e nas tarefas a executar, com o foco absoluto na expectativa de obtenção de maior produtividade e otimização de custos aquando da realização da empreitada.

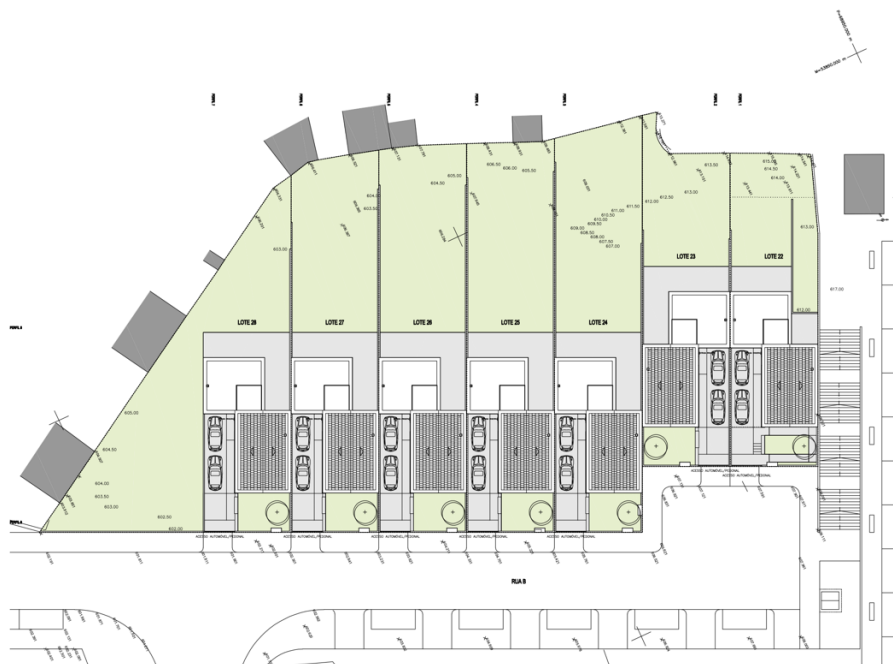


Figura 5.6 – Extrato de planta de implantação das sete moradias (Ferreira, 2017).

Desta forma, a única variável existente em cada lote é a área de terreno do mesmo, atendendo que tanto a área de implantação, a área de construção, distribuição espacial e número de pisos são rigorosamente iguais entre si.

Tal fator é, inequivocamente, benéfico para a produção mas, no entanto, por si só não será suficiente para uma correta otimização de todo o processo, como será evidenciado mais à frente no presente capítulo.

O autor deste trabalho de dissertação teve a oportunidade de acompanhar a equipa responsável pela coordenação e fiscalização de obra, pelo que a análise detalhada de dados e de procedimentos realizados identificados no presente caso prático incidem, sobretudo, sobre a fase de acompanhamento de obra, com particular foco no acompanhamento dos trabalhos realizados, na validação de autos de medição, controlo de qualidade e verificação de cronograma financeiro e prazo de execução da empreitada.

5.1.3 Caracterização do sistema construtivo adotado

Em matéria de sistema construtivo, foram definidas as seguintes especificações:

- 1) Estrutura base em betão armado, constituída por pilares, vigas e lajes maciças; O betão utilizado foi o betão C25/30 e o aço A400NR;
- 2) Paredes exteriores com acabamento a branco constituídas por sistema *ETICS (External Thermal Insulation Composite System)*, que não é mais do que um sistema de isolamento pelo exterior, tijolo termo-acústico de 24 e revestimento interior a gesso projetado;
- 3) Caixilharia em PVC, de cor branca;
- 4) Estores em PVC, de cor branca, automatizados;
- 5) Cobertura inclinada composta por laje aligeirada, lâmina de compressão, ripado e telha cerâmica lisa na cor branca;
- 6) Paredes interiores com acabamento a branco compostas por gesso projetado, tijolo cerâmico convencional de 11 e novamente gesso projetado;
- 7) Pavimentos interiores, na sala, *hall's* e quartos, em soalho flutuante em madeira de faia;
- 8) Pavimentos interiores, na cozinha e instalações sanitárias, em cerâmico retificado;
- 9) Rodapés, na sala, *hall's* e quartos em madeira de faia;
- 10) Rodapés, na cozinha e instalações sanitárias, em cerâmico retificado;
- 11) Tetos falsos, em gesso cartonado, na cozinha, *hall's* e instalações sanitárias.

Em termos de equipamentos, foi prevista a instalação de termossifão de 300 litros para AQS (Águas Quentes Sanitárias), instalação de ar-condicionado na Suite Principal e na Sala e pré-instalação nas restantes divisões, áudio-porteiro, automatismos nos portões de acesso automóvel e ainda eletrodomésticos da casa comercial Teka para a cozinha, nomeadamente forno, micro-ondas, combinado, placa de indução, exaustor, máquina de lavar a roupa e máquina de lavar a loiça.

Estas especificações foram também tipificadas de forma a prever-se uma construção, do ponto de vista energético, eficiente, tendo obtido um pré-certificado energético classe A.

Com a obtenção de parecer favorável dos projetos de arquitetura e especialidades, o promotor promoveu um concurso para a execução da empreitada, tendo sido adjudicada a uma empresa sediada na cidade da Guarda. O prazo acordado contratualmente para a execução da obra foi de 12 meses. De seguida, passar-se-á a identificar todo o tipo de intervenientes no processo de construção e respetivas localizações.

5.1.4 A fragmentação do processo construtivo – identificação de todos os intervenientes em obra

Tal como fora referido em capítulos anteriores, o processo de construção é bastante fragmentado e complexo, tendo em consideração que são diversos os intervenientes que participam durante a fase de conceção, planeamento, execução e acompanhamento de obra.

Assim, passa-se a identificar os intervenientes no presente caso prático, a saber:

Tabela 5.1 – Identificação dos intervenientes em obra e respetivas localizações.

Função	Morada/sede do interveniente
Dono de obra/Promotor	Lisboa
Gestor global de projeto	Lisboa
Medidor	Castelo Branco
Empreiteiro Geral	Guarda
Subempreiteiros	Diversas
Fornecedores	Diversas
Projetista Arquitetura e coordenação projeto	Lisboa
Projetista Águas, Esgotos e Pluviais	Castelo Branco
Projetista de estruturas	Castelo Branco
Projetista de Segurança Contra Incêndios	Castelo Branco
Projetista de rede de gás	Castelo Branco
Projetista da rede de telecomunicações	Castelo Branco
Projetista da rede elétrica	Castelo Branco
Projetista de isolamento acústico	Braga
Projetista de requisitos térmicos em edifícios	Braga
Diretor Técnico de obra	Castelo Branco
Diretor de fiscalização de obra	Castelo Branco

Com base na análise da tabela 5.1 acima representada, conclui-se que na fase de conceção e preparação de obra participaram dez intervenientes diferentes, tendo em consideração que alguns projetistas foram responsáveis pelo desenvolvimento de mais que um projeto de especialidade, sediados em diversas localizações, desde Castelo Branco a Lisboa ou Braga. Na fase de fornecimento de materiais, durante toda a empreitada foram utilizados fornecedores de variadas localizações geográficas, incluindo Leiria, Porto, Covilhã, Castelo Branco ou Guarda. Se somarmos ainda o facto de o empreiteiro-geral ser sediado na Guarda e ter recorrido a subempreiteiros da zona da Covilhã, Castelo Branco, Guarda e Viseu para a execução de 90% dos trabalhos previstos contratualmente, fica clara a complexidade na gestão da informação e da comunicação entre todos os intervenientes e o elevado grau de fragmentação existente na execução das diversas tarefas no processo construtivo do caso prático em análise.

5.1.5 Classificação do nível de digitalização no processo construtivo

Para uma melhor compreensão do nível de digitalização dos diversos intervenientes em obra e de que forma poderão ser otimizados determinados processos em função de desconformidades encontradas durante a sua execução, quer seja no plano da qualidade, organização de tarefas ou controlo financeiro ou temporal, é fundamental a criação de níveis de digitalização. Assim, o autor do presente trabalho, após consulta de diversa bibliografia apresenta uma proposta uniformizada para todos os intervenientes, tendo em consideração as ferramentas comerciais disponíveis no mercado, o seu estado de maturação na ótica da utilização e ainda a acessibilidade às mesmas por parte de qualquer utilizador do setor.

Deste modo, para cada nível de digitalização tem-se em consideração o tipo de ferramentas utilizadas para a comunicação entre os diversos intervenientes, a metodologia utilizada preferencial em matéria de conceção e arquivamento de projetos ou documentos informativos, como orçamentos, notas de encomenda, autos de medição, entre outros, e ainda o tipo de ferramentas adotadas por cada tipo de utilizador em termos de planeamento e gestão de encomendas.

Assim, formulou-se a seguinte tabela classificativa:

Tabela 5.2 – Caracterização do tipo de comunicação e ferramentas utilizadas por nível de digitalização.

Ferramentas utilizadas	Nível de digitalização
<ul style="list-style-type: none">- Meio de comunicação: Telefone e /ou telemóvel; Carta;- Forma primordial de análise ou conceção de informação e/ou projetos: Suporte físico (papel);- Arquivamento de informação/projetos: Suporte físico (papel);- Planeamento e gestão de tarefas, se aplicável: Suporte físico (papel).	Muito Baixo
<ul style="list-style-type: none">- Meio de comunicação: Telefone e/ ou telemóvel; Carta; <i>E-mail</i>- Forma primordial de análise ou conceção de informação e/ou projetos: Suporte digital (<i>Software</i> 2D para conceção de projetos e <i>Word</i> e <i>Excel</i> para conceção de informação);- Arquivamento de informação/projetos: Suporte digital (disco rígido de computador);- Planeamento e gestão de tarefas, se aplicável: Ferramenta digital (<i>Excel</i>).	Baixo
<ul style="list-style-type: none">- Meio de comunicação: Telefone e/ ou telemóvel; <i>E-mail</i>- Forma primordial de análise ou conceção de informação e/ou projetos: Suporte digital (<i>Software</i> 2D para conceção de projetos, com recurso a renderização 3D para análise arquitetónica e <i>Word</i> e <i>Excel</i> para conceção de informação);- Arquivamento de informação/projetos: Servidores físicos de informação centralizada que poderão ser acedidos de qualquer lugar, desde que tenha acesso à internet.- Planeamento e gestão de tarefas, se aplicável: <i>Software</i> especializado, como	Médio

<i>Microsoft Project</i> para fase de obra ou software dedicado para gestão e organização de vendas para fornecedores.	
<ul style="list-style-type: none"> - Meio de comunicação: Telefone e/ ou telemóvel; <i>E-mail</i>; <i>Chat</i> integrado em aplicações de gestão de informação centralizada. - Forma primordial de análise ou conceção de informação e/ou projetos: Metodologia <i>BIM</i>. - Arquivamento de informação/projetos: <i>Cloud</i>. - Planeamento e gestão de tarefas, se aplicável: Metodologia <i>BIM</i>, incluindo plataformas colaborativas de gestão de informação centralizada para preparação, planeamento e execução da obra. 	Alto

Tendo por base a tabela 5.2, passa-se assim a classificar o nível de digitalização dos diversos intervenientes em obra no caso prático em apreço, por categoria de tarefas realizadas, em função das ferramentas utilizadas no quotidiano destas empresas:

Tabela 5.3 – Caracterização do tipo de comunicação e ferramentas utilizadas por nível de digitalização.

Tipo de interveniente	Nível de digitalização
Promotor Imobiliário/Dono de obra	Médio
Projetistas	Médio/Alto
Empreiteiro Geral	Médio
Subempreiteiros	Baixo/Muito Baixo
Fornecedores	Médio
Fiscalização de obra	Médio

Com base na avaliação da tabela 5.2, verifica-se que o nível de digitalização é díspar entre os diversos intervenientes, em função da dimensão da empresa ou da formação académica, profissional ou tecnológica de cada um deles, verificando-se um maior nível de digitalização nos gabinetes de projeto, que independentemente da sua dimensão recorrem diariamente a softwares de dimensionamento 2D ou até mesmo 3D e algumas ferramentas colaborativas, ou em empreiteiros gerais cuja sua estrutura inclui pessoal qualificada e especializado em áreas como a medição, orçamentação e revisão de projetos que utilizam e dominam software especializado. Por outro lado, a grande maioria de subempreiteiros, focados em que a mão-de-obra de que dispõem seja, na sua larga maioria, de produção em obra, como carpinteiros, serventes, canteiros, entre outros, apresentam um nível de digitalização muito baixo e até mesmo rudimentar.

Importa referir que estas diferenças verificadas no nível de digitalização das empresas presentes neste estaleiro de obra em particular, acabam por estar presentes de forma generalizada no setor da construção.

Estas mesmas discrepâncias criam, na ótica do autor, diversas dificuldades na implementação das plataformas colaborativas de gestão de informação centralizada ao longo de todo o processo construtivo, pois só desta forma se poderá otimizar verdadeiramente o estaleiro de obra.

5.2 Identificação das contrariedades em obra

Tal como em qualquer estaleiro de obra, o caso prático que o autor apresenta e analisa no presente trabalho de dissertação também surgem diversas contrariedades ao normal desenvolvimento da empreitada, pelo que se torna vital identificar as que impactam de forma mais negativa no seu funcionamento.

A dispersão de informação, em matéria de projetos, autos, solicitações de esclarecimentos por parte do empreiteiro, controlo de qualidade realizado em diferentes modelos, definições adotadas durante a obra perdidas entre emails ou anotações realizadas em papel no decurso de reuniões de obra potenciam o desnorte de todos os intervenientes, não sendo tão pontual como se desejaria a colocação de questões já respondidas anteriormente ou a necessidade de procurar a última versão de um projeto alterado.

No controlo de qualidade, e na impossibilidade de existir fiscalização de obra a tempo inteiro, por uma questão de contenção de custos por parte do promotor, tal situação dá azo a que muitos trabalhos apenas sejam controlados ou revistos após a execução dos mesmos, levando à realização de retrabalho e por inerência um aumento nos custos associados para o empreiteiro ou até mesmo para o promotor. Um exemplo prático desta problemática na obra em análise foi o facto de ter sido necessário refazer as impermeabilizações da cobertura plana não acessível porque não estavam devidamente rematadas à platibanda da mesma cobertura. Outro caso de desperdício de dinheiro, mão-de-obra e tempo foi a necessidade de fazer de novo os trabalhos de aplicação de cerâmico nas instalações sanitária de uma das moradias por apresentar planimetria irregular e criação de juntas adicionais desnecessárias por falta de preparação de estereotomia.

A descentralização de informação no controlo de qualidade, em matéria de levantamento fotográfico e localização específica das desconformidades, provocou ainda o desnorte no acompanhamento da retificação das mesmas, obrigando assim a equipa de fiscalização a rever inúmeras vezes caso a caso a localização e evolução dos trabalhos em causa. Tal situação resulta numa maior lentidão no acompanhamento.

Por outro lado, a comunicação ineficaz na relação entre os diversos intervenientes em obra, nomeadamente:

- 1) relação promotor – empreiteiro geral, na colocação de questões, por parte do empreiteiro, para tomada de decisão do promotor em matéria de casas comerciais de acabamentos ou equipamentos não especificados no caderno de encargos ou na definição de determinado pormenor construtivo. Um exemplo prático desta ineficiência foi na demora de apresentação de solução e decisão de cerca de 3 meses na identificação

do esquema construtivo a executar na cobertura plana não visitável, afetando negativamente o cronograma pré-estabelecido e, por consequência, atrasando toda a empreitada.

- 2) relação empreiteiro geral – subempreiteiros, atendendo que a relação foi estabelecida sobretudo via chamada telefónica, no que diz respeito a *timings* de entrada e saída da obra, permitindo uma certa desresponsabilização por atrasos na execução de determinadas tarefas como o que se constatou no atraso de 1 mês da entrada em obra para concretização dos elementos estruturais. Em suma, resulta numa situação do “diz que disse”, não havendo suporte documental para tomar medidas de penalização.
- 3) relação promotor – equipa de fiscalização de obra, tendo por base a comunicação via *WhatsApp*, email e telemóvel, suportado por fotografias avulsas e emails quinzenais, não permite a devida fluidez na troca de informações e orientações necessária para acompanhar o desenvolvimento da empreitada; A tomada de decisão dos esquemas construtivos a adotar ou casas comerciais escolhidas sendo comunicadas por estas vias de comunicação, resulta mais uma vez na perda de informação a médio-longo prazo.
- 4) relação empreiteiro geral – equipa de fiscalização, ao utilizarem os mesmos canais de comunicação (*WhatsApp*, telemóvel e *email*), existe uma desorganização de informação e/ou tomadas de decisão, nomeadamente na identificação das desconformidades e no acompanhamento da sua respetiva resolução ou ainda na análise e validação dos autos de medição, demorando demasiado tempo a serem realizadas estas tarefas e, sobretudo, a se conseguir situar no ponto em que se encontravam as diversas questões.

Por último, a não uniformização de modelos de documentos, provocando muitas vezes interpretações erradas por parte de determinados intervenientes, levando a mal-entendidos ou ainda a falta de automação inter-documental, resultando em longos períodos de tempo necessários para a atualização de cronogramas financeiros, de calendarização de trabalhos, entre outros, impactam igualmente de forma negativa em todo o processo construtivo.

Na tabela 5.4, o autor apresenta de forma esquemática os procedimentos adotados no estaleiro da obra em causa que potenciam a manifestação de contrariedades em obra e as áreas da gestão de obra em que impactam negativamente:

Tabela 5.4 – Identificação dos procedimentos que potenciam o aparecimento de contrariedades em obra e as áreas impactadas negativamente por estas.

Procedimento que potenciam a manifestação de contrariedades em obra	Áreas impactadas negativamente
Descentralização e dispersão de informação.	Gestão de obra (materiais e recursos humanos); prazo de execução de obra.
Controlo de qualidade deficiente/moroso.	Qualidade; controlo financeiro; prazo de execução de obra.
Comunicação ineficaz entre os diversos	Gestão de obra (materiais e recursos

intervenientes.	humanos); prazo de execução de obra; controlo financeiro.
Não uniformização documental (inexistência de Templates predefinidos para todos os intervenientes).	Gestão de obra (materiais e recursos humanos);
Falta de automação inter-documental.	Gestão de obra (materiais e recursos humanos); prazo de execução de obra; controlo financeiro.

Como se pode verificar, todos os procedimentos acima identificados impactam, na sua generalidade, no controlo do prazo de execução da obra, no rigor orçamental e também na gestão dos recursos humanos e materiais, pelo que se torna decisivo tentar minimizar a ocorrência deste tipo de contrariedades quando estão sobretudo associadas à forma como se encontra organizada a empreitada.

De seguida, o autor passa a apresentar a plataforma colaborativa de gestão de informação centralizada cuja implementação poderá potenciar a produtividade do estaleiro e aumentar o rigor no controlo de todos os procedimentos associados ao seu correto funcionamento.

5.3 Aplicação do *FinalCad* como ferramenta colaborativa em obra

O software escolhido, o *FinalCad*, apresenta uma interface bastante amigável, pelo que com relativa facilidade se cria o projeto que se pretende desenvolver, permitindo editar localização, adicionar fotografia de capa, prazo para conclusão, entre outras especificações.

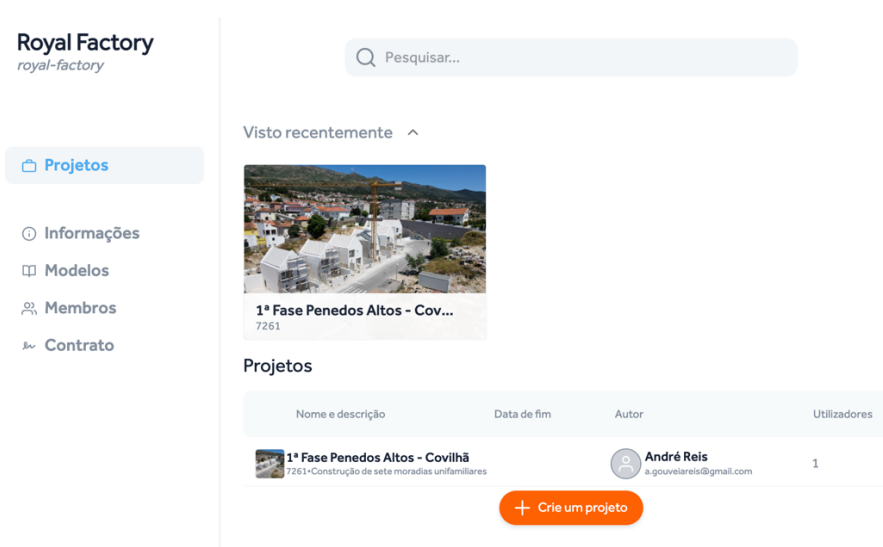


Figura 5.7 – Criação do projeto em análise na plataforma colaborativa *FinalCad*.

Com o projeto criado, chega a fase de adicionar intervenientes, permitindo realizar o convite via *QR code*, *link para download* ou convite direto via plataforma conforme a figura 5.8 evidencia.

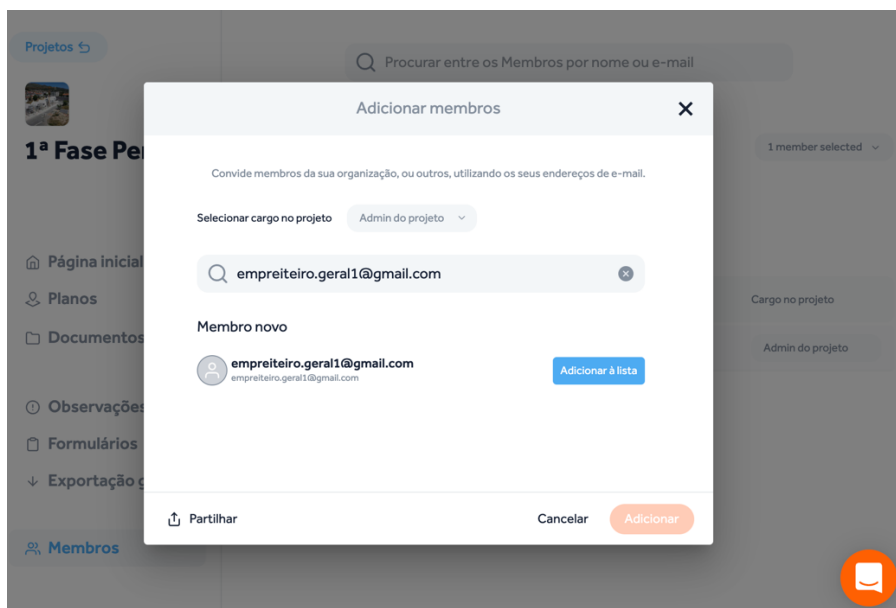


Figura 5.8 – Adição de membros ao projeto em causa no *FinalCad*.

Com a realização do convite aos diversos membros do projeto, a aplicação permite editar o tipo de acesso ao projeto em si, limitando, ou não, a capacidade de edição de documentos, etc.

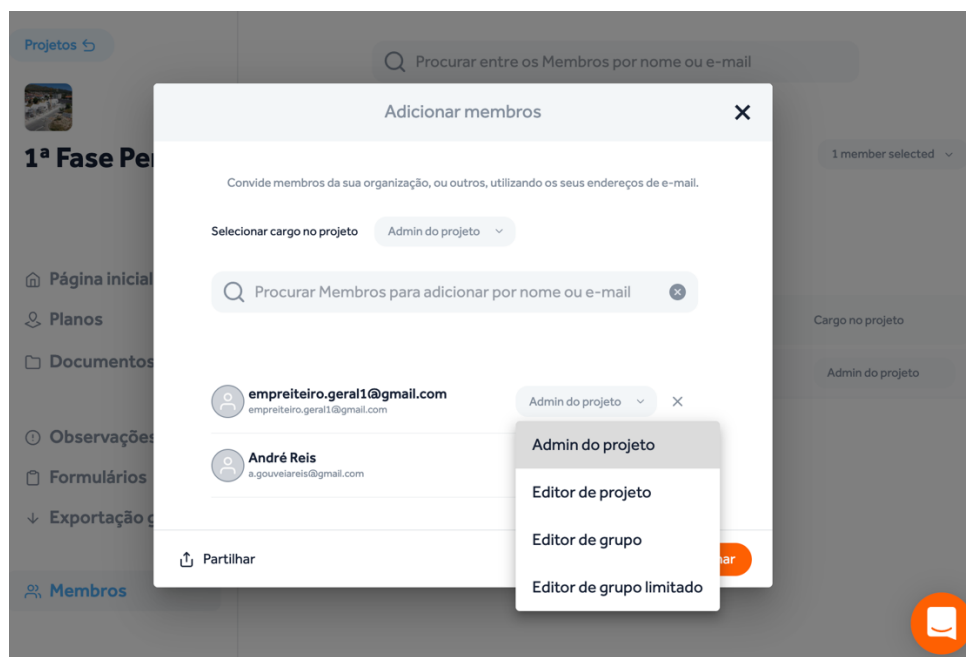


Figura 5.9 – Nível de permissão de edição do projeto por utilizador, em função da definição do administrador do projeto no *FinalCad*.

Através da consulta de diversos guias de utilização facultados no site do *FinalCad*, foi possível verificar o que cada um dos quatro níveis de permissão deixam, ou não, realizar no desenvolvimento do projeto:

	Limited group editor I can edit the content attributed to me.	Group editor I create and edit group contents.	Project editor I create and edit project contents	Project admin I am responsible of the administration of the project as well as its contents
Modify projects settings	✗	✗	✗	✓
Modify plans and their structure	✗	✗	✓	✓
See the other members of the project	✓*	✓	✓*	✓
Add a member in the project	✗	✓*	✓	✓
See an observation or a form	✓*	✓*	✓	✓
Edit an observation or a form	✓*	✓*	✓	✓
Create an observation or a form	✗	✓*	✓	✓

Figura 5.10 – Ações autorizadas por nível de permissão (*FinalCad*, 2021).

Desta forma, optou-se por dar permissão de editor de projeto ao promotor imobiliário, enquanto dono de obra, e permissão de editor de grupo limitado ao empreiteiro geral, em função do que deverão ser as suas funções na empreitada de tratamento de observações, acesso a documentos e plantas, contudo não podendo editá-las, entre outras.

Na fase de preparação de obra é fundamental que existir um acesso facilitado a todos os elementos considerados indispensáveis para o correto desenrolar dos trabalhos. Desta forma, a plataforma tem uma área reservada para o *upload* de documentos e ficheiros técnicos, como plantas ou caderno de encargos, conforme se pode verificar na figura 5.11.

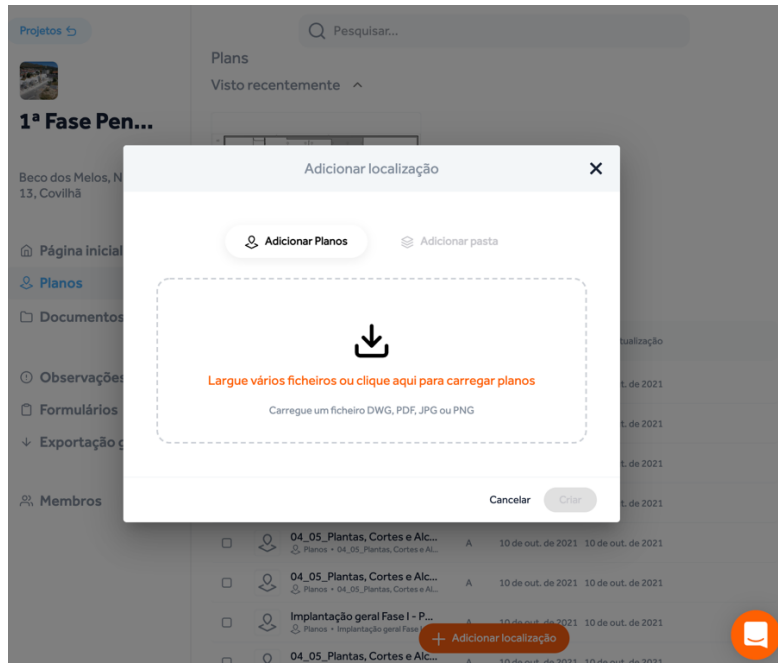


Figura 5.11 – Possibilidade de fazer *upload* na plataforma do FinalCad de desenhos técnicos e memórias descritivas em diferentes formatos.

O *FinalCad* apresenta como vantagem que a colocação dos ficheiros na sua *Cloud* dedicada possa ser realizada em diversos formatos, como em DWG, PDF, JPG ou PNG. Desta forma, optou-se por adicionar as plantas, cortes e alçados de cada moradia em formato PDF (Figura 1.12). Para além de permitir a sua visualização a qualquer momento, dá ainda a possibilidade de apagar, realizar o download ou reorganizar a ordem conforme são apresentados. Estas mesmas plantas serão a base para a apresentação de observações.

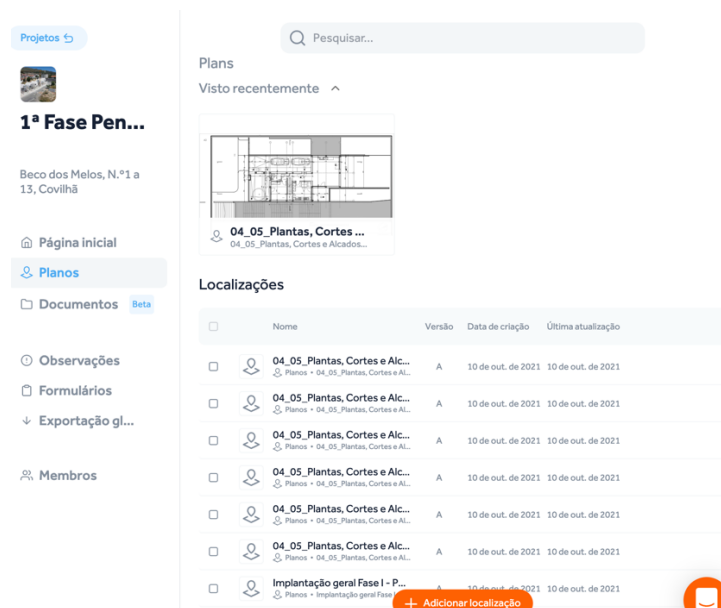


Figura 5.12 – Plantas, alçados e cortes organizados por moradia e acessíveis a partir da plataforma *FinalCad*.

Relativamente ao caderno de encargos e contrato de empreitada, ambos os ficheiros foram adicionados na aba de documentos, onde se evidencia a igualmente a possibilidade de adicionar ficheiros em diferentes formatos, como em *Word*, *Excel* e PDF (Figura 5.13).

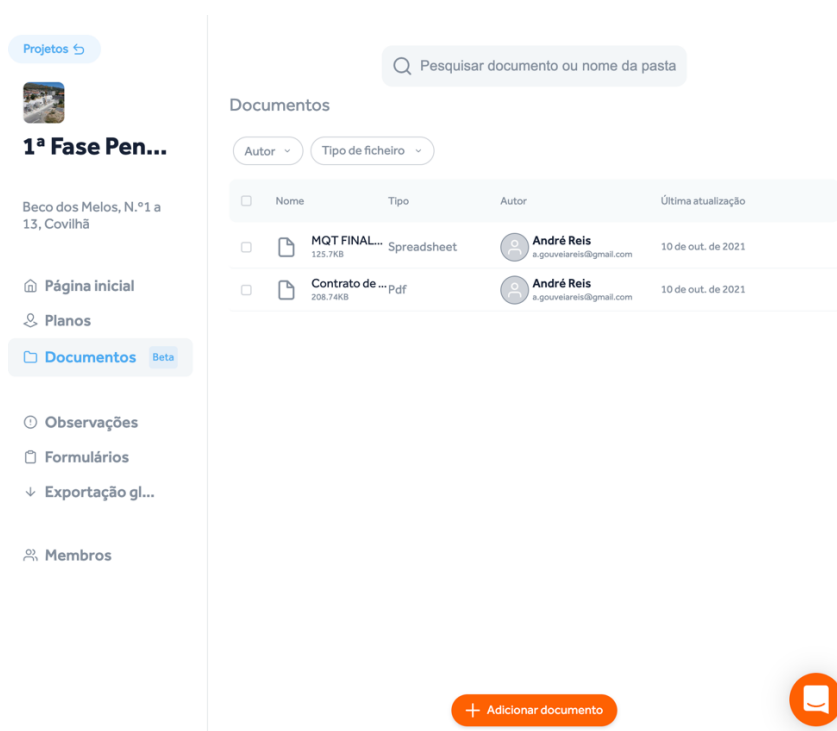


Figura 5.13 – Caderno de encargos e contrato de empreitada acessível a partir do *FinalCad*.

Outros documentos relevantes que deverão constar na aba de documentos seria o cronograma financeiro e o cronograma de obra. No entanto, esses documentos não foram disponibilizados ao autor do presente trabalho de dissertação.

Após a realização destas tarefas, verifica-se que a base de dados inicial do estaleiro está pronta e acessível a estes três interlocutores presentes em obra. Com o desenrolar do projeto, e consoante as necessidades, existe a possibilidade de integrar novos intervenientes de forma ilimitada e controlar o tipo de acesso que deverão ter ao projeto. Poder-se-á ainda criar novas pastas em função do tipo de documento a arquivar, como por exemplo uma pasta para controlo financeiro da empreitada onde deverão constar os autos de medição, outra pasta com notas de encomenda, ou seja, existe a possibilidade de organizar toda a documentação e informação relevante de forma centralizada na plataforma colaborativa e à distância de um *click*.

Outra componente importante é o chat de integração de todos os intervenientes, onde o gestor de projeto assume um papel preponderante na sua organização, ou seja, será este interveniente o responsável pela criação dos grupos de trabalho e de que forma deverão ser organizados, com o objetivo de potenciar a produtividade em obra (Figura 5.14).



Figura 5.14 – Organização de grupos de trabalho em chat integrado na plataforma *FinalCad*.

Neste caso prático, o autor optou por criar, a título exemplificativo, um grupo para projeto, onde deverão ser colocadas as questões inerentes aos projetos que servem de base para o desenvolvimento da obra, e outros grupos em função da fase em que a obra se encontra.

Este tipo de organização pode ser bastante útil nos casos em que a empreitada possui um elevado número de subempreiteiros, compartimentando a informação útil para cada um deles mas, em simultâneo, detendo toda a informação centralizada na plataforma colaborativa.



Figura 5.15 – Colocação de questões ao empreiteiro-geral e ao subempreiteiro responsável pela movimentação de terras na empreitada em análise através do *chat* integrado no *FinalCad*.

Importa ainda referir que nestes grupos de trabalho é possível anexar conteúdos relevantes para análise e discussão, como observações realizadas em obra, formulários, documentos ou fotografias que constem na base de dados da plataforma colaborativa ou no próprio telemóvel do utilizador (Figura 5.16).



Figura 5.16 – A capacidade de integração de anexos nos grupos de trabalho presentes na plataforma *FinalCad*.

Outra característica importante da plataforma *FinalCad* é possuir uma biblioteca de modelos de formulários a serem adaptados por parte do gestor de projeto (figura 5.17) mas que permitirão a uniformização de documentos e a automação na troca de informação entre os diversos interlocutores.

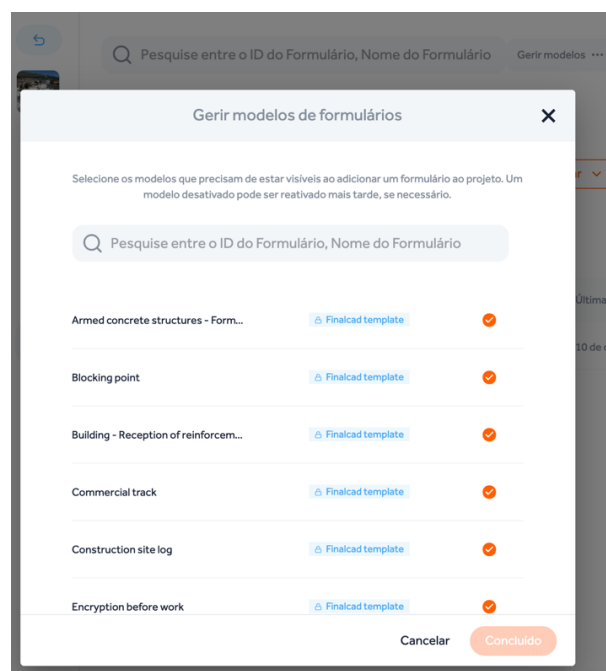


Figura 5.17 – Templates pré-definidos na biblioteca de formulários da plataforma *FinalCad*.

O único handicap da plataforma é o facto de que ainda não dispõe de modelos de formulários em Português, o que poderá ser um entrave na hora de trocar relatórios com intervenientes que tenham alguma limitação em termos linguísticos.

De qualquer forma, são bastante uteis e apresentam vinte e seis soluções de *Templates* pré-definidos e totalmente automatizados. Quando se pretende solicitar o preenchimento de um novo formulário, existem as seguintes opções:

- 1) estado da atividade, ou seja, se está em conformidade, em curso, em inconformidade ou por realizar;
- 2) a que interveniente se pretende solicitar e responsabilizar pelo preenchimento do formulário;
- 3) a que empresa pertence o responsável pelo seu preenchimento;
- 4) Nível de prioridade em 4 categorias, variando entre baixo, médio, alto ou crítico;
- 5) Data-limite para a realização.

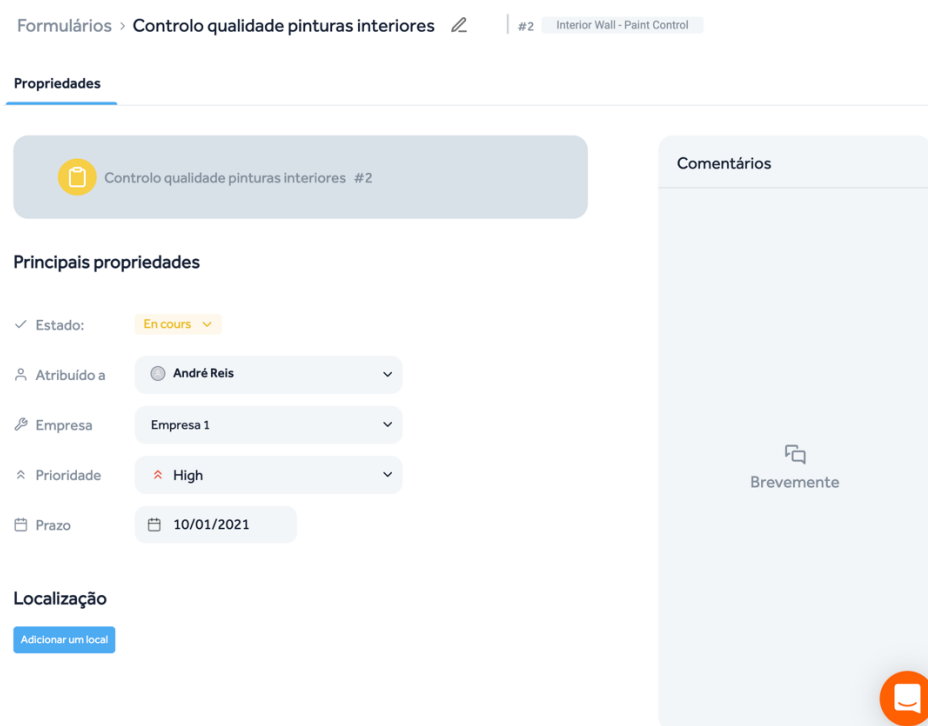


Figura 5.18 – Templates pré-definidos na biblioteca de formulários da plataforma *FinalCad*.

Todos estes campos são de preenchimento opcional dentro da própria plataforma, ficando acessível de imediato ao interlocutor que tenha sido destacado para o seu preenchimento.

Ao aceder ao formulário, verifica-se que é bastante intuitivo e de preenchimento simples. (Figura 5.19). Com a conclusão do preenchimento pode-se atualizar o seu estado e exportá-lo para apresentação ou envio tradicional via *email*.

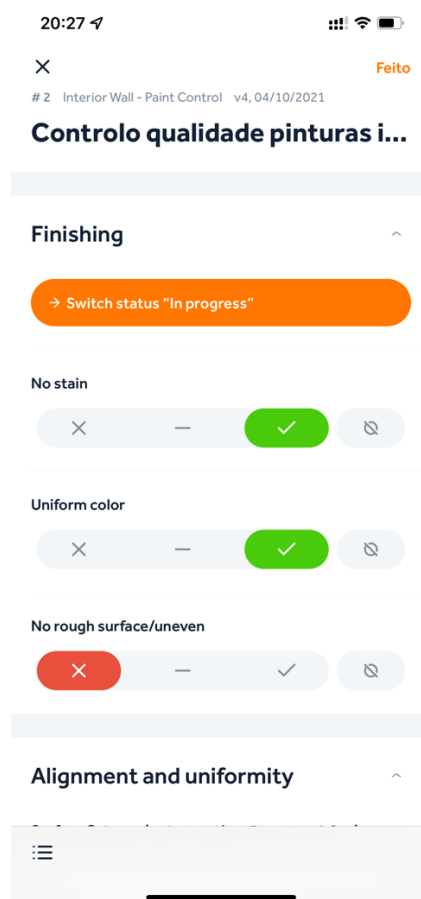


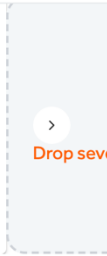
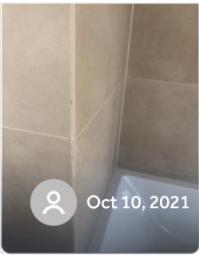
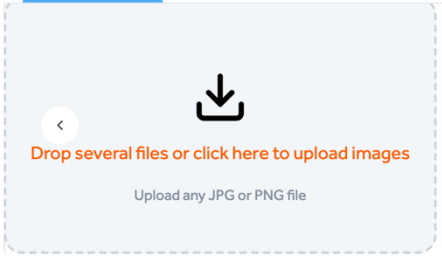
Figura 5.19 – Exemplo de preenchimento de relatório de qualidade na pintura interior.

Em matéria de registo de observações, esta plataforma colaborativa dispõe de ferramentas que revolucionam a forma como podem e devem ser realizadas as solicitações de reparações ou retificação de desconformidades.

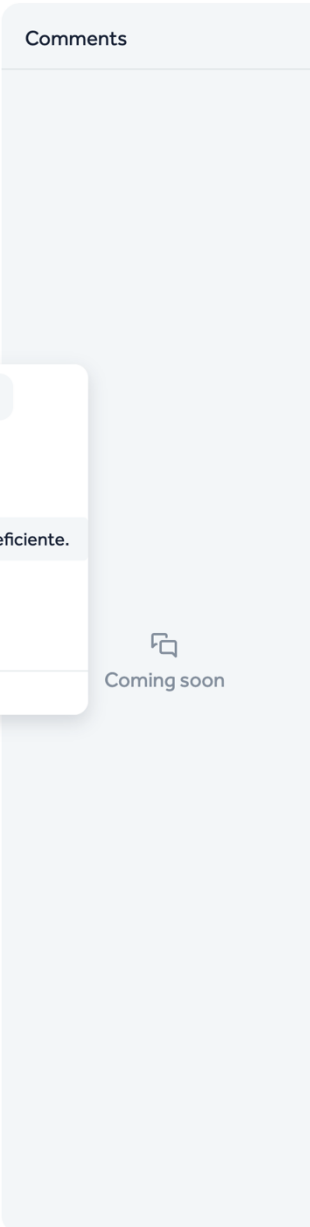
Quando na presença de algo que justifique o registo de uma observação, como no caso da deteção de desconformidades, a plataforma permite que se crie uma nova tarefa onde se tipifica as características da intervenção a realizar (Figura 5.20), nomeadamente:

- 1) o estado da tarefa, sendo que apresenta 7 níveis, desde o bloqueado, recusado pelo interveniente a quem se dirige a solicitação, em aberto, contestado, fechado, retificado ou resolvido. Este parâmetro é atualizável consoante o estado em que efetivamente se encontre a tarefa identificada;
- 2) a que interveniente se pretende atribuir o trabalho em causa e que empresa representa;
- 3) Introdução de um breve comentário que caracterize a observação em causa;
- 4) O nível de prioridade, muitas vezes definido em função da gravidade da situação e neste caso enquadrável em 4 categorias: baixo, médio, alto e crítico;
- 5) A localização exata a que se refere a observação, com base na representação em planta.

Details



Comments



Main properties

- ✓ Status: Open
- Assignee
- Company
- Common Observation
- Priority
- Due date

Search...

Working area to clean

Moradia 28

✓ Planimetria incorreta na aplicação do cerâmico. Estereotomia deficiente.

Painting

Acrylic seal to fix

+ Add New

Location

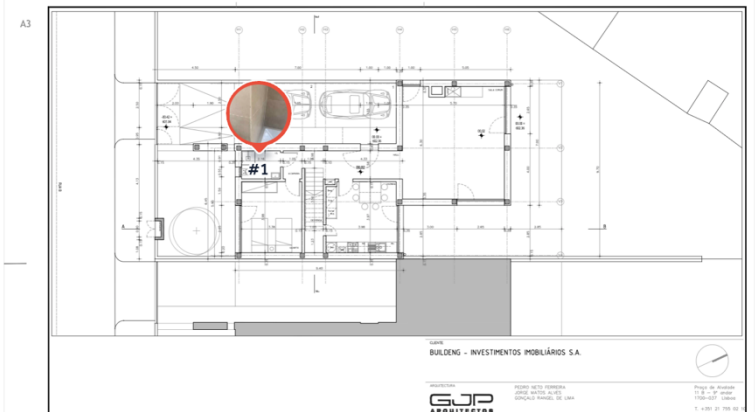


Figura 5.20 – Criação de observação de desconformidade na plataforma *FinalCad*.

A grande mais valia da utilização do registo de observações através desta plataforma colaborativa é permitir um registo completo, em poucos minutos, com a atribuição de responsabilidades e ainda prazo pretendido para a resolução da situação em causa.

A integração de uma plataforma colaborativa de centralização e gestão de informação como o *FinalCad* no processo complexo que caracteriza o setor construção pode e deve melhorar de forma decisiva a produtividade e controlo de custos.

Não sendo a ferramenta colaborativa mais completa do mercado, é aquela que na opinião do autor poderá ser de mais fácil implementação, atendendo que se trata de uma plataforma de utilização amigável e que não obriga a grande formação específica. Estando também otimizada para a fase de gestão de obra, apresenta as funções que o autor deste trabalho de dissertação considera como a base da transformação digital do processo de execução em obra, nomeadamente:

- 1) a capacidade de armazenamento centralizado em *Cloud*, acessível por todos os interlocutores a qualquer hora e em qualquer lugar;
- 2) a criação de grupos de trabalho em formato de chat interativo, com capacidade para anexar documentos técnicos, observações ou relatórios. Nesta função o autor destaca o papel que assume o gestor de projeto atendendo que, de acordo com a sua análise e capacidade de gestão, deverá organizar da melhor maneira possível os grupos de trabalho com o objetivo fundamental da otimização da comunicação entre intervenientes;
- 3) a existência de *templates* predefinidos, permitindo coerência e transparência entre todos os interlocutores, não dando azo a potenciais mal-entendidos ou interpretações erradas de dados. Cria-se, no fundo, um manual de normas e procedimentos a seguir na criação e tratamento de informação;
- 4) a participação de observações, quer seja no âmbito do controlo de qualidade ou meras questões sobre a definição de materiais ou equipamentos, feitas de forma automatizada, permitindo a identificação do responsável pela tarefa associada, prazo expectável para a sua resolução e integração em peça desenhada (planta, alçado ou corte) da sua localização exata.

Todas estas funções, se corretamente utilizadas, terão com certeza um impacto muito positivo em todo o processo, permitindo obter um produto de maior qualidade, dentro do orçamento definido e no prazo expectável.

Esta plataforma, tal como outras, tem ainda margem para melhorar, sobretudo na realização da tradução integral de todas as funções para a língua Portuguesa e da plataforma online acessível a partir do computador fixo, onde por vezes *crashou* no carregamento de dados ou ainda na integração de funções que consigam dar resposta na fase de planeamento, concurso e preparação da obra, como módulos de orçamentação ou redação de contratos de empreitada. Contudo, reúne todas as condições para ser uma plataforma decisiva no arranque definitivo do setor da construção rumo à era digital.

6. Conclusões

6.1 Conclusões gerais

A indústria da construção é indubitavelmente uma das indústrias com maior peso na economia global. No entanto, é de longe dos setores que apresenta maior resistência à transformação digital, por força de ser constituído por uma cadeia de valor muito fragmentada, e por consequência com diversos interlocutores com diferentes graus de instrução académica, profissional e/ou digital. Para agravar a situação, normalmente os processos de construção apresentam um elevado grau de singularidade, não havendo processos repetitivos, ao serem realizados por equipas diferentes, em locais diferentes e com tecnologias de construção igualmente distintas. Estes fatores impedem que todo o processo possa ser otimizado em matéria de produtividade, cumprimento de metas orçamentais e prazos de execução, produzindo igualmente um clima de desconfiança e descrédito generalizado por parte dos consumidores em relação a esta indústria.

Urge, mais que nunca, a digitalização do setor da construção.

É fundamental que esta indústria acompanhe o nível de digitalização que outras indústrias conseguiram, com grande sucesso, implementar e, por consequência, potenciar toda a sua cadeia de valor. É necessário apostar na religação de toda a cadeia de valor, mudando a forma de comunicação dos interlocutores, na remodelação da legislação aplicável, na alteração dos processos de conceção, produção e manutenção da construção, tornando os produtos standarizados e suscetíveis a um constante aperfeiçoamento, na formação e especialização da mão de obra e na implementação de novas ferramentas digitais, como as aplicações de gestão de informação centralizada ou software baseado na metodologia BIM.

Contudo, há um fator que assume um papel igualmente preponderante para a “libertação” digital desta indústria em particular: a cultura digital do próprio setor. É fundamental e até mesmo urgente ocorrer uma mudança na cultura, tanto da mão-de-obra e das empresas da área, como dos consumidores: Primeiramente, independentemente das funções que desempenham no processo construtivo, desde o promotor ao servente, todo o pessoal envolvido deverá assumir que estes procedimentos e ferramentas visam apoiar na execução das tarefas com o objetivo de facilitar a sua execução, melhorar o processo e, por inerência, a qualidade do produto final. Em segundo lugar, o consumidor ou cliente final tem um papel preponderante para a fomentação da digitalização no setor, solicitando, por exemplo, melhores soluções construtivas e abandonando o conceito de que a adjudicação de uma obra é feita sempre pelo menor preço. Será um dos maiores desafios mas que terá garantidamente um impacto brutal na dinâmica do mercado.

Por último, as entidades governamentais, promovendo políticas e benefícios para quem aposte na digitalização das suas empresas e na formação especializada dos seus colaboradores, ou

ainda dificultando o acesso à atividade, exigindo qualificações para laborarem numa área tão complexa e com elevado grau de responsabilidade como é a indústria da construção.

Estes são, na opinião do autor deste trabalho de dissertação, os pilares para uma real transformação digital do setor da construção a nível global.

6.2 Conclusões relativamente ao caso prático

O caso prático dissecado no presente trabalho de dissertação permitiu ao autor determinar e quantificar os níveis de digitalização de cada tipo de interlocutor presente ao longo de todo o processo de construção, desde a fase de projeto, à execução e acompanhamento de obra. Possibilitou ainda constatar o elevado grau de fragmentação característico de uma obra de construção, verificando-se a heterogeneidade em termos de localização dos diversos intervenientes, desde projetistas a subempreiteiros ou fornecedores, obrigando os gestores de obra a um precioso trabalho de articulação entre todas as partes.

Concluiu-se igualmente que as contrariedades verificadas ao longo do processo são resultantes, sobretudo, da falta de implementação de ferramentas colaborativas, contrariedades essas com elevado impacto em termos de aumento de custos, de prazos de execução ou na redução de qualidade do produto final idealizado.

Com base nos interlocutores inquiridos das diversas áreas de atuação no processo construtivo, verificou-se ainda que existe uma elevada resistência, sobretudo ao nível dos subempreiteiros, na adoção de novas ferramentas no seu dia-a-dia, não compreendendo o potencial impacto positivo, a médio e longo prazo, na produtividade das suas próprias empresas. Mais uma vez, a transformação digital, antes de se assumir verdadeiramente como uma revolução tecnológica terá que passar, inevitavelmente, por uma revolução cultural a todos os níveis.

6.3 Proposta de trabalhos futuros

O autor considera que o trabalho de dissertação desenvolvido pode ser uma ferramenta ou base de trabalho útil para a sensibilização da necessidade (urgente) da transformação digital da indústria da construção, através da identificação dos problemas frequentes no processo construtivo e com elevado impacto negativo em termos financeiros, cronológicos ou de qualitativos, propondo ainda ferramentas que permitam atenuar esses mesmos efeitos.

Contudo, existem diversos aspetos relacionados que poderão ser investigados e dissecados, nomeadamente:

- 1) Elaboração de propostas legislativas ou de pacotes de incentivos governamentais para fomentação da digitalização no setor e a especialização da mão-de-obra associada, através de participações em formações ou isenções parciais em impostos na aquisição de software;

- 2) Estudo do impacto da pandemia por Covid-19 na aceleração do processo de digitalização da indústria da construção, com especial enfoque no período de confinamento total em que forçosamente as empresas tiveram que adotar procedimentos digitais, nomeadamente o teletrabalho; essa mesma tendência verifica-se nos dias de hoje, atendendo ao desconfinamento do setor na sua globalidade?
- 3) Definir um manual de procedimentos, do básico ao avançado, para apoio na digitalização dos diversos interlocutores que constituem o processo construtivo e toda a cadeia de valor, das iniciativas mais simples até às mais complexas;
- 4) Analisar, através da dissecação de um caso prático, o impacto da utilização de plataformas colaborativas que permitam a integração de funções automatizadas na fase de elaboração de concurso de obra, nomeadamente na consulta a empreiteiros e análise comparativa de cronogramas de obra e financeiro, e ainda no controlo financeiro da obra, nomeadamente na elaboração de autos de medição, cronogramas financeiros e de evolução dos trabalhos em obra ou na obtenção de gráficos comparativos sobre a evolução do cronograma financeiro pré-definido e o cronograma financeiro real.

Em suma, considera-se que o presente trabalho de dissertação permite identificar de forma clara não só os fatores de resistência à transformação digital da indústria no geral, e do setor da construção em particular, bem como apresenta as principais contrariedades identificadas no decurso da execução de uma obra e de que forma a implementação de novos procedimentos e ferramentas digitais as podem atenuar, aumentando assim a produtividade de toda a cadeia de valor.

Bibliografia

Akinci, B., Fischer, M., & Kunz, J. (2002): “Automated Generation of Work Spaces Required by Construction Activities.”, Journal of Construction Engineering and Management.

[http://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2002\)128:4\(306\)](http://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2002)128:4(306))

Anon (2016): “The New Face of Industry in France: building the industry of the future”, Gouvernement Valls III.

<https://www.gouvernement.fr/en/the-new-face-of-industry-in-france-building-the-industry-of-the-future>

Arsenault, P. J. (2009): “Building Information Modeling (BIM) and Manufactured Complementary Building Products. Integrating design, drawings, specifications, and shop drawings in a BIM model.”

http://continuingeducation.construction.com/article_print.php?L=192&C=622 &P=4

Baganha, M. I., Marques, J. C. & Góis, P. (2002): “O Sector da Construção Civil e Obras Públicas em Portugal: 1990-2000.”, Oficina do Centro de Estudos Oficiais.

Berger, Roland (2018): “Better, Faster, Stronger. Rebuilding Construction Sites”, Ebook Finalcad.

Bibby, L. & Dehe, B. (2018): “Defining and assessing industry 4.0 maturity levels – case of the defence sector.” Production Planning & Control.

Birkel, H., Veile, J., Müller, J., Hartmann, E. & Voigt, K. (2019): “Development of a Risk Framework for Industry 4.0 in the Context of Sustainability for Established Manufacturers Sustainability”.

Chen, Z. & Xing, M. (2015): “Upgrading of textile manufacturing based on Industry 4.0.”, Atlantis Press.

Coelho, P. M. N. (2016): “Rumo à Indústria 4.0.”, Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade de Coimbra.

<https://doi.org/10.1016/J.IJPE.2018.08.019>

Construpoint (2021). Obtido no dia 17 de setembro de 2021:

<https://www.construpoint.com.br>.

Drath, R. & Horch, A. (2014): “Industrie 4.0: Hit or Hype?” IEEE Ind. Electron.

Deloitte Insights (2019): “The fourth industrial revolution: At the intersection of readiness and responsibility.”, In Deloitte Insights.

<https://doi.org/10.4337/9781786430328.00006>

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011): “BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors.”, John Wiley & Sons.

Erol, S., Jäger, A., Hold, P., Ott, K., & Sihm, W. (2016): “Tangible Industry 4.0: A Scenario-Based Approach to Learning for the Future of Production.”

<https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.03.162>

Evans, P. C. & Annunziata, M. (2012): “Industrial Internet: Pushing the Boundaries of Minds and Machines”, General Electric.

Ferreira, Pedro Neto (2017), “Memória Descritiva do Projeto de Licenciamento de Construção de Moradia Unifamiliar.”

Fichman, R. G., Santos, B. L. & Zheng, Z. E. (2014): “Digital innovation as a fundamental and powerful concept in the information systems curriculum.”

Frank, A., Dalenogare, L. & Ayala, N. (2019): “Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies”, International Journal of Production Economics.

Hardin, B., & McCool, D. (2015): “BIM and Construction Management: proven tools, methods, and workflows.” John Wiley & Sons.

Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2016): “Design principles for industrie 4.0 scenarios. Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences.”

<https://doi.org/10.1109/HICSS.2016.488>

Holmström, J., Holweg, M., Khajavi, S. H., & Partanen, J. (2016): “The direct digital manufacturing (r)evolution: definition of a research agenda.”, Operations Management Research.

<https://doi.org/10.1007/s12063-016-0106-z>

Jesus, Paulo, (2010): “Blog Covilhã, cidade fábrica, cidade granja”.

<https://cidadedacovilha.blogs.sapo.pt/7352.html>.

Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013): “Recommendations for implementing the strategy initiative Industrie 4.0. Securing the Future of German Manufacturing Industry [Final

Report of the Industrie 4.0. Working Group].”, Acatech – National Academy of Science and Engineering.

Klinc, R., Turk, Ž., & Dolenc, M. (2009): “Engineering collaboration 2.0: requirements and expectations.”, ITcon Vol. 14, Special Issue Next Generation Construction IT: Technology Foresight, Future Studies, Roadmapping, and Scenario Planning.
<http://Www.Itcon.Org/2009/31,14,473-488>.

Klinc, R., Turk, Ž., & Dolenc, M. (2010): “ICT enabled communication in construction 2.0.” Pollack Periodica.

Kayikci, Y. (2018): “Sustainability impact of digitization in logistics.” Procedia Manufacturing.

Landherr, M., Schneider, U., & Bauernhansl, T. (2016): “The Application Center Industrie 4.0 - Industry-driven Manufacturing, Research and Development.”, Procedia CIRP.
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.006>

LetsBuild (2021). Obtido no dia 12 de setembro de 2021:
<https://www.letsbuild.com/project-planning>

Li, G., Hou, Y., & Wu, A. (2017): “Fourth Industrial Revolution: technological drivers, impacts and coping methods.”, Chinese Geographical Science.
<https://doi.org/10.1007/s11769-017-0890-x>

McArthur, J. J. (2015): “A Building Information Management (BIM) Framework and Supporting Case Study for Existing Building Operations, Maintenance and Sustainability.”
<http://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.450>

McKinsey & Company (2017): “Reinventing construction: a Route to Higher Productivity”, McKinsey Digital.

McKinsey & Company (2020): “The Next Normal in construction”, McKinsey Digital.

Muñoz-La Rivera, F., Mora-Serrano & J., Valero, I. (2021): “Methodological-Technological Framework for Construction 4.0.” Arch Computat Methods Eng.
<https://doi.org/10.1007/s11831-020-09455-9>

Odeh, D.; Ales Jr., J.; Kneer, E.; Mykins, D.; Ouzoonian, A.; Rauch, A.; Wittry, D. (2011): “Building Information Modeling for the Engineer of Record”, Structural Engineering Institute – Council of American Structural Engineers White Paper.

Oesterreich, T. D., & Teuteberg, F. (2016): “Understanding the implications of digitalization and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry.”

<https://doi.org/10.1016/j.compind.2016.09.006>

Pfeiffer, S. (2017): “The Vision of “Industrie 4.0” in the Making—a Case of Future Told, Tamed, and Traded”, NanoEthics.

PlanRadar (2021). Obtido no dia 3 de setembro de 2021:

<https://www.planradar.com/product/>

PWC (2016): “Indústria 4.0- Construir a empresa digital”, PwC.

Rojko, A. (2017): “Industry 4.0 Concept: Background and Overview”, International Journal of Interactive Mobile Technologies.

Rüssmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015): “Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries.” The Boston Consulting Group.

<https://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4>

Rauch, A. (2011): “Defining BIM models for the Structural Engineer of Record”.

http://cenews.com/article/8451/defining_bim_models_for_the_structural_engineer_of_record.

Santos, B. P., & Alberto, A. (2018): “Indústria 4.0: desafios e oportunidades”.

Schuh, G., Potente, T., Wesch-Potente, C., Weber, A. R., & Prote, J. P. (2014): “Collaboration mechanisms to increase productivity in the context of industrie 4.0.”

<https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.05.016>

SmartMarket Report (2014): “The business value of BIM for construction in major global markets”, McGraw Hill Construction.

Simões, Diogo Gonçalves (2013): “Manutenção de edifícios apoiada no modelo BIM.” Tese de Mestrado, Lisboa: Instituto Superior Técnico.

Zhang, Y., Ren, S., Liu, Y., & Si, S. (2017): “A big data analytics architecture for cleaner manufacturing and maintenance processes of complex products.”, Journal of Cleaner Production.