

# A sinergia entre Arquitetura e Engenharia: Uma cooperação assente nos três pilares do BIM

<https://doi.org/10.21814/uminho.ed.142.1>

**Ricardo Simões<sup>1</sup>, Afonso Pessanha<sup>1</sup>, Vera Borges<sup>1</sup>,  
Pedro Vieira<sup>1</sup>, Aline Silva<sup>1</sup>, Bárbara Cunha<sup>1</sup>, Nuno Coelho<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Walnut, Lisboa, Portugal*

## Resumo

Na indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) a digitalização tem sido essencial para impulsionar a eficiência e a qualidade dos projetos. A combinação entre o *Building Information Modeling* (BIM) e o *Virtual Design and Construction* (VDC), assim como a aposta em tecnologias inovadoras – como a automação de processos, a inteligência artificial, a integração da fotogrametria, *laser scanning*, impressão 3D, das realidades virtual e aumentada e na monitorização de obra com recurso a drones - têm revolucionado a forma de projetar e construir.

Nesse sentido, a implementação destas metodologias permite projetar de uma forma mais coesa e com uma intencionalidade que vai além do tradicional, promovendo uma obra mais eficiente e limpa. Desta forma, a possibilidade de visualizar o projeto em várias fases permite antecipar e resolver problemas com maior rapidez e assertividade, o que contribui para um projeto coordenado e compatibilizado, o que resulta, por consequência, numa obra melhor resolvida. Paralelamente, os intervenientes têm a oportunidade de acompanhar imersivamente todo o processo em tempo real, tornando a experiência mais envolvente, resultando numa base sólida que possibilita uma tomada de decisões informada e consciente.

Neste artigo abordamos como a sinergia entre arquitetura e engenharia é fundamental para o sucesso de qualquer projeto e como o BIM, em complemento com o VDC, enquanto metodologias colaborativas e integradas na conceção de projeto, são a chave para impulsionar a indústria da AEC em direção a um futuro de projetos exemplares.

## 1. Duas metodologias digitais que se complementam: o BIM e o VDC

A gestão eficaz de projetos de construção é fundamental para garantir o sucesso dos mesmos, de forma a alcançar os objetivos de qualidade, minimizando custos e prazos. Nos últimos anos, duas metodologias têm desempenhado um papel crucial nesse sentido: o *Building Information Modeling* e o *Virtual Design and Construction*.

O BIM é uma metodologia composta por um conjunto de tecnologias, processos e normas que permitem a múltiplas partes interessadas projetar, construir e operar uma instalação de forma colaborativa. Acima de tudo é uma forma de compreender o objeto de estudo na sua totalidade e não somente através de representações gráficas do mesmo. Esta metodologia tem como base a modelação digital de um empreendimento com o objetivo de facilitar os processos de projeto, construção e operação para formar uma base credível e fundamentada para as tomadas de decisões [1].

A evolução do BIM tem acontecido ao longo de várias décadas e, dessa forma, revolucionado a maneira como os projetos são concebidos, executados e geridos. Atualmente, além dos vários softwares disponíveis no mercado, é igualmente possível a utilização de plataformas de colaboração em nuvem, que permitem a criação e partilha de modelos em tempo real.

As aplicações desta metodologia são vastas e abrangem todas as fases do ciclo de vida de um empreendimento. Em estudos preliminares, esta metodologia ajuda a otimizar o layout do edifício, permitindo, por exemplo, através de várias iterações, melhorar a sua eficiência energética. Na fase de conceção, os modelos BIM facilitam a deteção de conflitos entre elementos, reduzindo erros e omissões, garantindo um projeto coordenado. Durante a construção, permitem um planeamento detalhado, monitorização em tempo real e análise de custos, e após a conclusão, suportam a operação ao fornecer informações atualizadas sobre componentes e sistemas, facilitando a gestão de ativos.

O VDC é outra metodologia que também tem revolucionado a indústria da AEC, combinando a potência da tecnologia digital com o conhecimento prático da construção.

No seu cerne, está a filosofia *Lean* associada a modelos virtuais que representam fielmente um projeto de construção.

Esta filosofia, que se desdobra em duas grandes fases no nosso setor – projeto (*Lean Design*) e construção (*Lean Construction*), visa promover o trabalho colaborativo e a partilha de informação como metodologias de trabalho que aumentam a produtividade e fomentam a inovação na indústria.

Desta forma, o VDC, atuando ao nível da quarta, quinta e nona dimensões do BIM, vai muito além da criação de modelos cujo principal foco é possibilitar a realização de várias simulações e análises de processos de construção [2]. Esta metodologia torna

possível a definição de um planeamento otimizado da construção de um empreendimento, e, conseqüentemente, garante a sua construtibilidade.

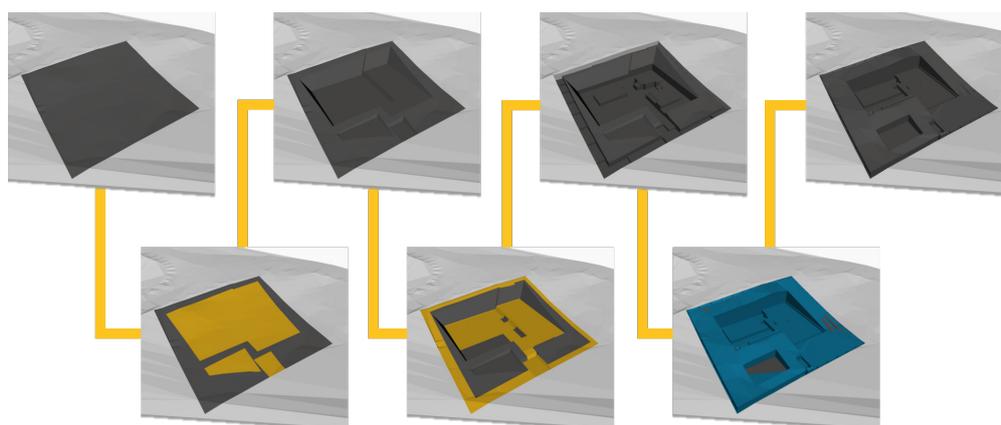
Este tipo de análises, na sua grande maioria, implica a criação de animações que ajudam a enquadrar no espaço e no tempo as diferentes atividades associadas à execução de empreitadas. Desta forma não só é possível identificar e corrigir eventuais constrangimentos em relação a tarefas que apresentem interferências entre si, como otimizar os diferentes processos durante uma empreitada.

A complementaridade entre estas duas metodologias é clara, uma vez que os modelos BIM fornecem a base para as simulações e análises do VDC, o que permite que os profissionais da construção visualizem, analisem e otimizem cada aspeto do projeto. Exemplificando um caso prático, o planeamento da construção pode combinar informações de um modelo virtual com o plano de tarefas para criar um cronograma que ajuda na coordenação e estruturação das atividades de construção.

No entanto, nem sempre é possível analisar aspetos construtivos nos modelos BIM, sendo essa a grande vantagem da integração do VDC, possibilitando a análise de situações específicas de obra como o estudo da movimentação de terras, a organização de materiais ou equipamentos no estaleiro, entre outros.

A Walnut, focada na conceção de projeto e execução de obras, teve desde a sua génese uma premissa essencial como forma de trabalho alinhada com o BIM. Mais recentemente, a aposta no VDC tornou possível realizar simulações e planeamentos de obra minuciosos, utilizando os modelos virtuais.

Atualmente, estas metodologias são imprescindíveis, uma vez que representam a base de todo o processo interno, desde a conceção de projetos, à sua execução, sendo ainda possível a utilização de sistemas centralizados de gestão com vista à fase de operação de ativos.



**Figura 1**  
Representação das diferentes fases de movimentação de terras (escavação a amarelo e aterro a azul).

## 2. Da concepção à obra: A aposta na digitalização

Apesar de ser das indústrias que menos tem evoluído tecnologicamente, verifica-se que o setor da AEC tem contrariado essa tendência nos últimos anos. Para isso têm contribuído os grandes avanços tecnológicos, assim como o facto de a digitalização apresentar-se como a chave para enfrentar os desafios mais relevantes que o setor encara, entre eles a escassez de mão de obra especializada, a forte competitividade, a otimização de recursos e energia, ou a melhoria da eficiência e da produtividade.

Existem três áreas onde essa aposta tem sido clara: aquisição de dados, processos digitais e automação de processos [3]. No âmbito destas três áreas, de seguida, são apresentadas as apostas tecnológicas mais relevantes que têm sido exploradas e implementadas na Wallnut, desde as fases preliminares da concepção de um projeto até à sua execução em obra.

### 2.1. Levantamento das condições existentes e do ambiente construído

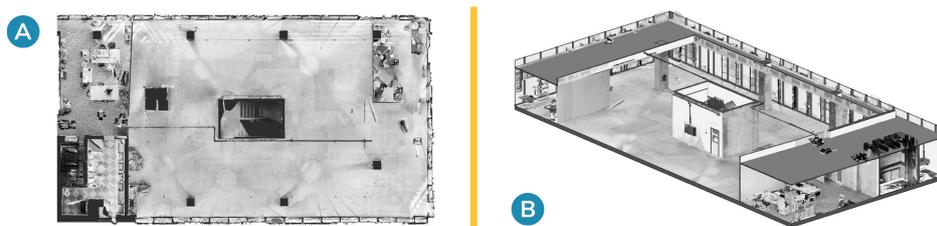
Quer se trate de uma construção nova, ou de outro tipo de operação urbanística que envolva uma construção existente, todos os projetos passam por uma fase de levantamento das condições existentes.

Na aquisição de dados de um espaço exterior, a utilização de drones equipados com câmaras avançadas e software *DroneDeploy* viabiliza a captura de dados aéreos e a geração de nuvens de pontos e modelos 3D de vastas áreas geográficas, agilizando inspeções e levantamentos.

Por outro lado, quando se pretende o registo meticuloso de espaços interiores, o recurso à *Matterport* permite realizar esse levantamento num curto espaço de tempo, fornecendo uma base de trabalho rigorosa. A possibilidade de realizar visitas virtuais imersivas, sem necessidade de novas visitas ao local, com garantia do registo dos espaços na sua totalidade, permite verificações e correções instantâneas.

O *Gaussian Splatting* é outra tecnologia utilizada no âmbito da aquisição de dados. Esta cria visualizações tridimensionais através de distribuições gaussianas geradas com base em nuvens de pontos, vídeos ou simples imagens. Esta abordagem inovadora é essencial para produzir visualizações altamente precisas e envolventes em aplicações como modelação de terrenos e desenvolvimento de ambientes virtuais, preservando detalhes cruciais e fornecendo representações realistas.

Estas tecnologias formam um conjunto poderoso, que tem melhorado a eficiência, a precisão e a acessibilidade na digitalização e visualização de ambientes físicos.



**Figura 2**  
Aquisição de dados através da *Matterport* (A. nuvem de pontos resultante do levantamento; B. criação dos modelos em *Revit*, com base nas condições existentes).

## 2.2. Conceção de projetos

A procura de uma estratégia que permitisse melhorar processos, reduzir tarefas redundantes e que, simultaneamente, potencializasse a colaboração entre projetistas, levou à adoção dos princípios *Lean* no âmbito da conceção de projeto.

Com o foco na melhoria contínua, assim como na otimização dos recursos utilizados e na redução de desperdícios, têm sido desenvolvidas ferramentas e métodos de trabalho no âmbito da automatização de processos, adicionando valor às tarefas nas quais são implementadas.

Nesse sentido, a aposta em ferramentas e processos que permitem a partilha, análise e processamento de dados, através da criação de modelos analíticos, tem permitido gerar, por exemplo, diagramas esquemáticos de instalações técnicas, automatizar processos de dimensionamento ou criar mapas de elementos - como vãos, paredes ou pilares.

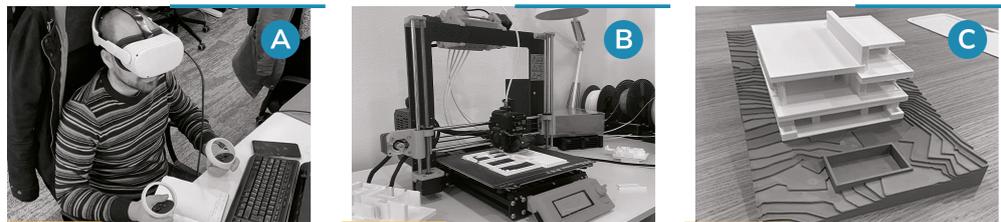
Um exemplo em que foi conseguida uma otimização dos recursos utilizados e redução de tarefas redundantes, é a substituição de folhas de cálculo enquanto método de dimensionamento hidráulico por *schedules* - tabelas de cálculo - pré configurados no *Revit*, com o apoio de rotinas desenvolvidas em *Dynamo*. Esta mudança de paradigma permitiu dinamizar todo o processo, uma vez que qualquer alteração efetuada nos *schedules* é aplicada diretamente nos respetivos elementos. Situação que não se verifica com a utilização de folhas de cálculo, dado que se trata de um documento autónomo e, por isso, sem qualquer tipo de ligação com os elementos do próprio modelo, o que implica que sempre que haja uma alteração no dimensionamento, a mesma tenha de ser feita também no modelo.

Outro exemplo da aplicação *Lean* na conceção de projeto é a integração do Estudo do Comportamento Térmico e Acústico nas diversas iterações de um projeto de Arquitetura. A identificação e caracterização das respetivas envolventes é realizada através de um conjunto de rotinas de *Dynamo*, exportando toda a informação para uma folha de cálculo onde são definidas as soluções construtivas e outras considerações necessárias. A implementação destas ferramentas contribuiu para a redução de alterações no projeto de Arquitetura provocadas pelo incumprimento dos requisitos destas especialidades, que, quando não identificadas atempadamente, podem implicar alterações significativas na solução proposta.

Ainda no âmbito da digitalização, mas aplicada à visualização dos modelos BIM, a Realidade Virtual (VR), suportada pela interoperabilidade entre o *Revit* e o *Enscape*, tem permitido uma experiência imersiva e visualmente rica, tornando possível explorar espacialmente os projetos. Esta capacidade facilita a visualização e a compreensão dos detalhes do modelo, oferecendo uma perspectiva incomparável que ajuda na tomada de decisões e na identificação de problemas de concepção antes da sua execução em obra.

A impressão 3D é um outro processo digital que permite criar objetos tridimensionais com precisão e rapidez. Desta forma, torna-se possível produzir maquetes de edifícios ou protótipos de equipamentos ou respetivas componentes, que facilitam a sua visualização de uma forma mais tangível.

Também a Inteligência Artificial Generativa (IAG) tem revolucionado a forma como determinadas tarefas passaram a ser executadas. São cada vez mais as aplicações suportadas por IAG disponíveis no mercado para as mais diversas áreas de atuação. Uma das mais conhecidas é o Chat GPT. Atualmente, apesar de apresentar ainda algumas limitações, esta ferramenta tem sido um recurso valioso na execução de tarefas como criação e revisão de código de programação, principalmente quando são necessários códigos em *python* e recurso à *API – Application Programming Interface* – do *Revit*.



**Figura 3**

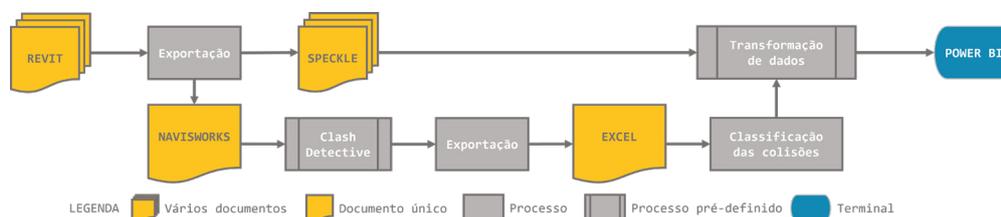
Processos digitais (A. realidade virtual; B. impressão 3D; C. prototipagem de modelos virtuais).

### 2.3. Coordenação e compatibilização

Apesar dos modelos de especialidades serem desenvolvidos em *Revit*, a sua coordenação segue uma abordagem *Open BIM*. Neste sentido, são utilizados softwares e plataformas que se baseiam em padrões abertos e interoperáveis, promovendo uma maior eficiência e eficácia no processo de construção e facilitando a comunicação e a partilha de informações de forma transparente e acessível a todos os envolvidos no projeto.

No âmbito da compatibilização de modelos, mais precisamente na análise de colisões, também conhecida por *Clash Detection*, o processo tem o *Speckle* como plataforma central. Esta aplicação funciona como uma infraestrutura digital que permite a interoperabilidade entre diversos softwares, colaboração em tempo real e gestão documental.

O processo, tal como ilustrado na figura 4, é constituído por dois fluxos de partilha de dados, culminando com a visualização de toda a informação num *dashboard*, reunindo numa única plataforma toda a informação relevante do projeto.



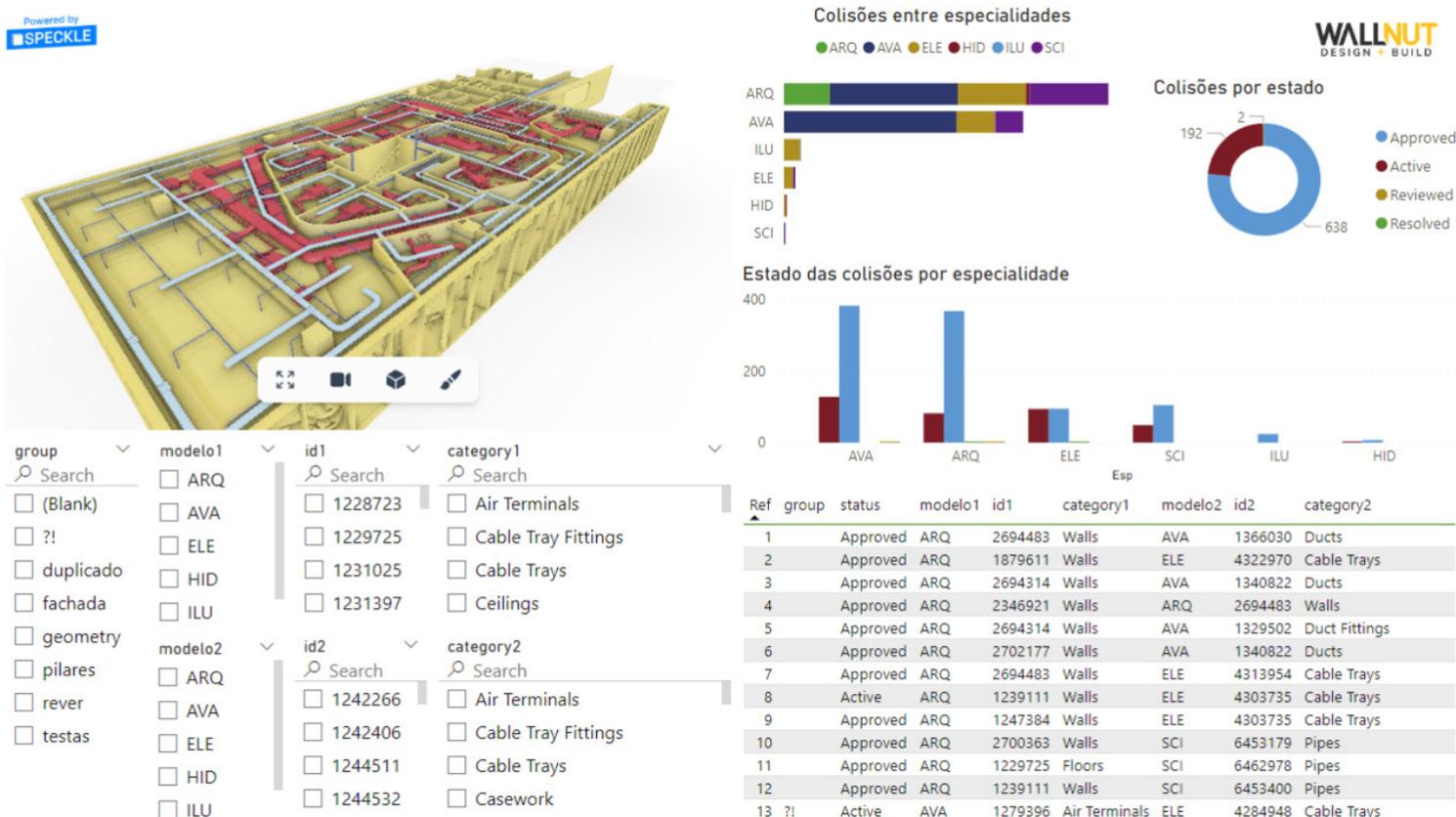
**Figura 4**  
Fluxograma do processo de identificação e classificação de colisões.

O primeiro fluxo funciona como um *pipeline*, tendo como principal função a partilha de informação dos modelos através do *Speckle*, exportando desta forma toda a informação – tanto analítica, como geométrica – a partir do *Revit*.

Paralelamente, recorrendo ao *Navisworks* são identificadas as colisões entre os elementos dos vários modelos e criados os respetivos relatórios de colisões, exportando-os no formato xml para uma folha de cálculo. Sendo este documento utilizado pelo responsável pela coordenação BIM para classificar as colisões, partilhando posteriormente a informação que resulta desta análise com o *Power BI*.

Na figura 5 encontra-se representado o *dashboard* desenvolvido de forma a apoiar a análise de colisões. A utilização desta ferramenta de *Business Intelligence* permite visualizar e avaliar os resultados de uma forma muito mais dinâmica.

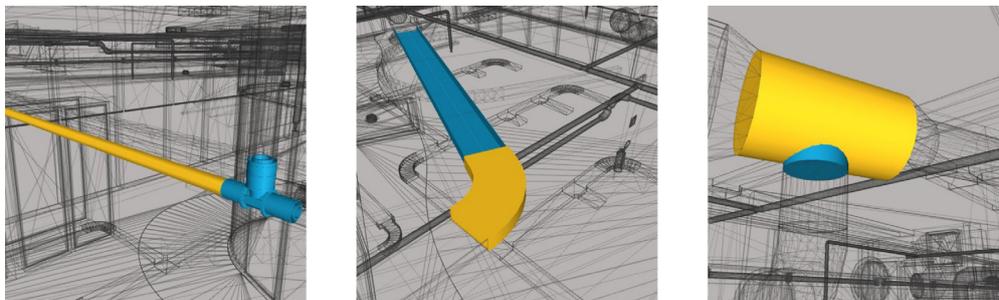
**Figura 5**  
*Dashboard* do relatório de colisões.



Ao longo do processo, existe um conjunto de rotinas de *Dynamo*, que têm como objetivo a partilha de informação entre os diferentes documentos. Como por exemplo classificar interseções que resultam de situações que se antevê que poderão ser identificadas indevidamente como colisões pelo *Navisworks*. Na figura 6 encontram-se ilustrados alguns exemplos deste tipo de situações, que, de uma forma geral, dizem respeito a ligações entre elementos da mesma especialidade.

**Figura 6**

Exemplo de colisões consideradas como falsos positivos (intersecções entre: tubagem e acessório, esteira técnica e respetiva curva, ligação de condutas).



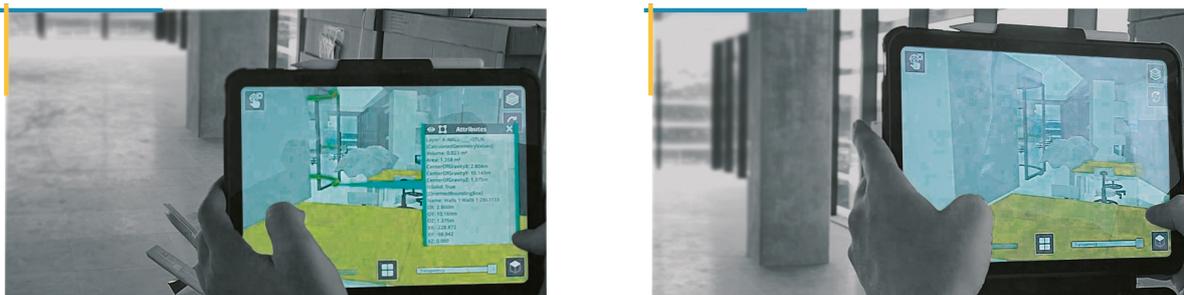
Outra rotina, igualmente essencial, tem como objetivo identificar nos respetivos modelos as colisões e o seu estado, de acordo com um código de cores.

Adicionalmente, o *Speckle* tem a capacidade de verificar e identificar alterações efetuadas entre diferentes versões dos modelos, função que também tem contribuído significativamente para uma maior eficiência na coordenação BIM.

Também a utilização do *Trimble Connect* como Ambiente Comum de Dados, ou *Common Data Environment* (CDE), tem facilitado substancialmente a gestão e coordenação de projetos de construção. Uma das grandes vantagens deste tipo de plataformas é a sua capacidade de integrar diversos formatos de dados, promovendo assim uma colaboração mais fluida e eficiente entre as partes envolvidas. Esta dinâmica tem um impacto muito positivo no processo, uma vez que garante a redução de erros, a otimização de procedimentos e uma economia de recursos, além de melhorar a qualidade geral do projeto através de uma comunicação mais objetiva.

## 2.4. Integração dos modelos BIM em obra

A adoção da Realidade Aumentada (AR) no contexto dos modelos BIM representa um avanço significativo, impulsionada pela necessidade de maximizar a utilização da informação contida nos modelos durante e após as fases de projeto. Utilizando soluções como o *Trimble Connect AR*, é possível aceder a informações detalhadas nos modelos BIM diretamente em obra, possibilitando que os intervenientes visualizem os modelos sobrepostos à realidade, em tempo real, através de dispositivos como tablets ou óculos de realidade aumentada. Esta inovação contribui para reduzir a necessidade de documentos impressos, mas também para melhorar a precisão, a eficiência e a segurança em obra, minimizando a ocorrência de erros e a necessidade de retrabalho.



**Figura 7**  
Aplicação da realidade aumentada em obra.

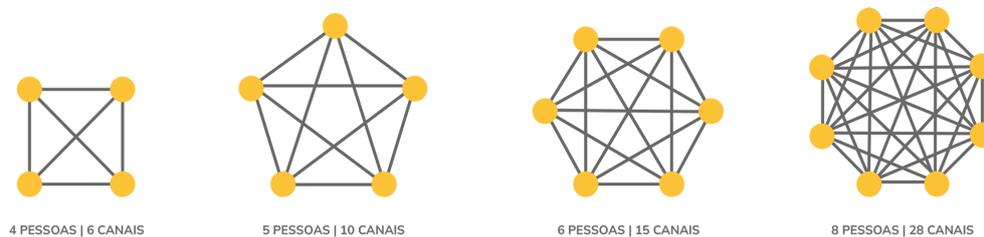
### 3. A ênfase na dimensão Humana

Apesar de toda a aposta tecnológica e da forma revolucionária como esta tem afetado a forma como determinadas tarefas passaram a ser executadas, há um elemento estruturante que não deve ficar esquecido: as pessoas.

Elas, com o seu conhecimento, experiência e habilidades, são as verdadeiras impulsionadoras da implementação bem-sucedida do BIM e do VDC. A capacitação e formação adequadas são essenciais para garantir que as equipas compreendem e utilizam essas ferramentas de forma eficaz.

Dois dos aspetos essenciais que potenciam os benefícios destas metodologias são a colaboração e a comunicação entre as partes interessadas.

A comunicação e colaboração eficazes são pedras angulares de qualquer projeto de construção, sendo que a sua complexidade varia consideravelmente consoante a dimensão das equipas envolvidas. Em equipas pequenas, a quantidade de canais de comunicação é menor e a comunicação tende a ser mais direta, o que facilita a troca de informações e uma tomada de decisões rápidas. Por outro lado, equipas com uma estrutura de maior dimensão apresentam desafios mais complexos ao nível da coordenação e da comunicação.



**Figura 8**  
O grau de complexidade de sistemas de comunicação considerando a quantidade de intervenientes.

Assim, a gestão de informações e a garantia de que todos os membros da equipa estão alinhados com os objetivos do projeto tornam-se tarefas mais complexas. É essencial estabelecer sistemas de comunicação eficientes, ferramentas de colaboração e uma estrutura de liderança clara para lidar com a complexidade crescente à medida que as equipas se expandem, ou, por outro lado, definir estratégias que permitam simplificar e otimizar os sistemas de comunicação.

Portanto, enquanto abraçamos os avanços tecnológicos, não nos podemos esquecer que as pessoas continuam a ser o coração e a alma do processo de construção, e sua participação ativa é fundamental para o sucesso.

### 3.1. Uma equipa vocacionada para a colaboração

Acreditamos numa abordagem que enfatize a centralidade das pessoas em todos os processos. Nesse contexto, desenvolvemos uma estratégia que reflete esse compromisso com a dimensão humana. Atuando com uma equipa multidisciplinar de dimensão relativamente reduzida, essa fusão estratégica tem possibilitado o desenvolvimento de uma cultura organizacional, onde há uma compreensão profunda do trabalho de cada indivíduo.

Essa compreensão torna-se especialmente crucial quando os membros da equipa representam diversas áreas técnicas, promovendo uma sensibilidade enriquecedora para a coexistência harmoniosa entre todas as especialidades.

Dentro deste contexto, a promoção de atividades regulares em grupo tem fortalecido os nossos laços interpessoais de maneira significativa. Além disso, a participação em exercícios concebidos para estimular a criatividade tem rendido resultados notáveis, contribuindo para nutrir um espírito de equipa e um sentimento de pertença que alimentam a colaboração inigualável que caracteriza esta abordagem.

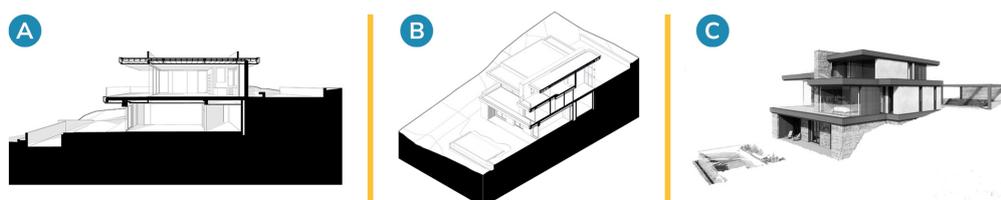
## 4. Apresentação de um caso prático

Um projeto que demonstra bem a aplicação das metodologias e ferramentas referidas ao longo do presente artigo, assim como o espírito colaborativo, é o de um empreendimento localizado na encosta do Rio Douro.

Neste projeto, a utilização do *drone* no levantamento do espaço exterior foi essencial para criar uma reprodução virtual do lote com uma área superior a 3 hectares. Este registo, prévio ao levantamento topográfico, foi essencial para uma rápida caracterização digital das condições topográficas e paisagistas existentes.

Outro grande benefício da sua utilização, é a possibilidade de visualizar imersivamente o levantamento realizado, evitando a necessidade de deslocações adicionais ao local.

Também a colaboração entre arquitetos e engenheiros foi crucial na fase de Estudo Prévio da Arquitetura de uma *Villa*, com cerca de 504m<sup>2</sup> de área bruta de construção. A integração do Estudo do Comportamento Térmico nessa fase preliminar permitiu uma definição muito aproximada da espessura final de elementos que constituem a envolvente opaca, resultando num impacto considerável no estudo da relação entre alinhamentos e transparências, que por sua vez definem a ligação entre os diferentes espaços interiores e exteriores neste projeto.



**Figura 9**  
Vistas da *Villa* (A. Corte;  
B. Axonometria;  
C, Render).

Este projeto representa um marco no âmbito da coordenação, uma vez que foi durante a conceção dos projetos deste empreendimento que foi desenvolvido e implementado o *workflow* da análise de colisões (Capítulo 2.3), permitindo uma abordagem holística na compatibilização entre modelos.

A utilização do *dashboard*, nessa fase da coordenação, tornou o processo mais incisivo, dando-lhe a capacidade não só de identificar e classificar as colisões, como propor desde logo possíveis soluções com vista à sua resolução de uma forma mais célere.

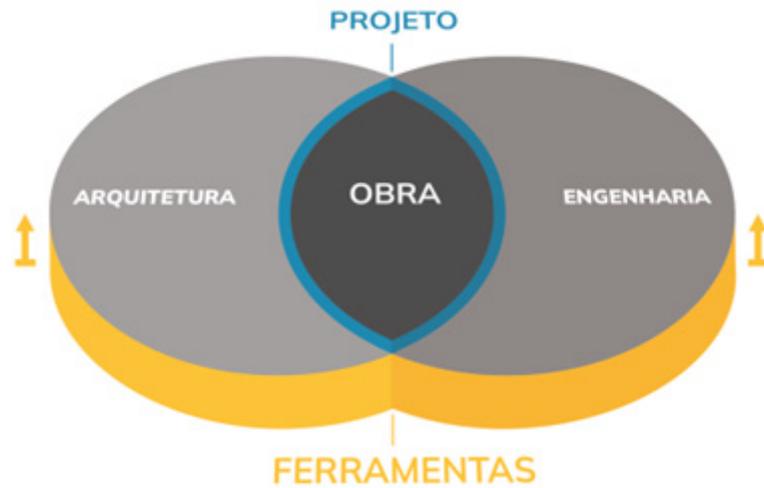
Neste projeto, esta nova abordagem permitiu encontrar e propor soluções para as colisões mais críticas em zonas muito circunscritas, como as instalações técnicas sobre tetos suspensos, que se revelou como uma grande melhoria na produtividade e eficiência nesta fase de projeto.

## 5. Conclusões

A transformação digital da indústria da AEC é um processo complexo e desafiador, que exige a adoção de novas tecnologias e metodologias holísticas de trabalho. Nesse contexto, o *Building Information Modeling* e o *Virtual Design and Construction*, juntamente com todas as ferramentas digitais e filosofias neles elencadas, surgem como peças fundamentais para a otimização dos processos de projeto, construção e operação de edifícios.

Contudo, é crucial reconhecer que a aposta ao nível tecnológico não é suficiente, nem garantia do sucesso. O foco deve estar sempre nas pessoas. A colaboração efetiva, o entendimento mútuo e o desenvolvimento de competências são fundamentais para fomentar a sinergia entre Arquitetura e Engenharia. Disciplinas que, quando alinhadas, são a força motriz da conceção e materialização de qualquer projeto. É na intersecção harmoniosa entre estas áreas do conhecimento que o projeto ganha vida, delineando o futuro da obra.

A figura 10 reflete essa dinâmica, sublinhando que, embora o modelo digital ofereça uma plataforma robusta para colaboração interdisciplinar, o êxito do projeto de construção está intrinsecamente ligado à capacidade dos profissionais em unir esforços, compreender as necessidades uns dos outros e aplicar as soluções tecnológicas com eficácia. Assim, o projeto não só atinge um nível de excelência, mas também se torna num testemunho do potencial ilimitado que surge do encontro produtivo entre Arquitetura e Engenharia.



**Figura 10**  
A sinergia entre  
arquitetura e  
engenharia.

## Referências

- [1] ISO TC59/SC13, “ISO 19650-1:2018 Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Information management using Building Information Modeling – Part 1: Concepts and principles”, International Organization for Standardization (ISO), 2018.
- [2] Kunz, John e Fischer, Martin, “Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestions”, CIFE Working Paper #097 Version 14, Stanford University, Janeiro 2012.
- [3] European Construction Sector Observatory, “Digitalisation in the construction sector”, Analytical Report, European Commission, Abril 2021.