

Desenvolvimentos na automação da extração de quantidades – Projeto Metabuilding

<https://doi.org/10.21814/uminho.ed.32.15>

**Filipe Lima¹, Sébastien Roux¹,
Tiago Pedro², Ricardo Pontes Resende²**

¹ *Limsen Consulting, Lisboa*

² *Iscte – Instituto Universitário de Lisboa, Lisboa,
0000-0002-7345-4906 (TP), 0000-0002-2155-5625 (RPR)*

Resumo

A extração de quantidades para geração de estimativas de custos é um dos principais usos BIM, mais comum durante a fase de projeto, mas com aplicação em todo ciclo de vida, não só para cálculo do custo económico, mas também, por exemplo, na estimativa de impactos ambientais. Uma extração de quantidades deve ser rápida, fiável e transparente. O processo deve ser auditável, incremental e repetível. Apesar das diversas vantagens da extração de quantidades a partir de modelos BIM em relação ao método tradicional, existe ainda ampla margem de melhoria.

A Limsen Consulting (Consultora) obteve apoio do projeto METABUILDING para, com o centro de investigação ISTAR - Iscte, desenvolver duas tecnologias que melhoram o seu processo, que tem aplicado em projetos de várias dimensões e naturezas. Este apoio resultou no desenvolvimento de uma aplicação online para visualização e auditoria de modelos e mapas de quantidades e dois plugins para o software Navisworks. Estes plugins, em conjunto com a tradução para Português do sistema de classificação e Work Breakdown Structure Unifomat e automações em Excel completaram a metodologia de extração de quantidades da Consultora, permitindo um workflow mais rápido, fiável e transparente. A exposição é complementada por casos de aplicação em obras de elevada complexidade, e pela reflexão sobre as vantagens e desvantagens e desenvolvimentos futuros.

1. Introdução

No projeto e preparação da construção, mesmo quando se seguem metodologias BIM, há muitas atividades excessivamente demoradas ou onde a informação se perde, tais como a Extração de Quantidades, ou Quantity Take-Off (QTO), uso essencial para quinta dimensão do BIM (custos) e que é referido como um dos mais importantes [1 - 2]. Embora a metodologia BIM seja mais eficiente que os métodos manuais ou semi-manuais, há muito espaço para melhorias de eficiência. Por outro lado, mesmo os métodos suportados por extração de listagens dos softwares de modelação ou os softwares dedicados, como o Solibri ou o Navisworks, estão centrados na tarefa de extração em si, e não na ligação e comunicação com as partes interessadas não especializadas. No fim do dia, mesmo estes métodos BIM resultam em atualizações pouco frequentes do orçamento e numa comunicação opaca e que não fomenta a confiança entre parceiros tanto quanto seria possível. Por outro lado, há usos BIM como as avaliações de impacto ambiental, em particular o cálculo de carbono incorporado ou, de forma mais completa e complexa, análises de ciclo de vida (LCA) [3] ou a quantificação de resíduos de construção [4] que dependem das extrações de quantidade e que podem passar a ser feitas com maior frequência e exatidão ao longo do ciclo de vida.

Contudo, existem ainda resistências a este uso BIM, que são compreensíveis face à importância económica das medições, às consequências de erros, à alta responsabilidade atribuída ao modelador e às práticas enraizadas e aceites na indústria. Diversos estudos sobre as barreiras à implementação BIM referem que a quantificação a partir de modelos é um dos pontos sensíveis [3, 4]. Com efeito, para se poder, de forma fiável, extrair as quantidades corretas de um modelo BIM, é necessário seguir não só regras de modelação adequadas (e.g. [7]) como metodologias de colaboração que exigem uma disciplina apertada. A definição e aceitação dessas regras deve ser feita no Plano de Execução BIM (e.g. [8], [9]) e acordada entre as equipas.

Como empresa especializada na digitalização da indústria da construção, a Consultora procura responder aos desafios que cada projecto coloca. Estes desafios decorrem muitas vezes da interação entre equipas com processos próprios e níveis de utilização BIM distintos. Neste sentido, a integração e coordenação de informação surge como uma componente essencial para garantir resultados – sendo o processo de medições a partir de modelos um exemplo desta mesma gestão de informação. Na atividade da Consultora é comum tanto donos de obra como gestores de projecto solicitarem ao BIM Management a verificação de medições, o que leva a que estas sejam realizadas maioritariamente a partir de modelos. É neste contexto que se estabelecem metodologias comuns de trabalho a todos os intervenientes, para as quais a introdução de rotinas automatizadas vem otimizar o processo de medição, apoiando a análise de custos.

O objetivo deste projeto é a construção de fluxo de trabalho híbrido local/na nuvem, com desenvolvimento em duas frentes. Primeiro, melhoria do processo QTO baseado no BIM, adotando um Sistema de Classificação e desenvolvimento de plugins que automatizam a quantificação com um aumento de até 75% da eficiência. Segundo,

desenvolvimento de uma aplicação baseada na nuvem que permite a utilizadores autorizados explorar e consultar o orçamento de um projeto tanto no formato de "folha de cálculo" como diretamente no modelo.

A quantificação e orçamentação quase em tempo real permite poupar centenas de horas e abre a porta a avaliações mais frequentes e corretas, conduzindo a decisões mais bem informadas. As repercussões sentem-se a vários níveis:

- As avaliações tornam-se um processo iterativo, em vez de uma verificação final, poupando retrabalho na conceção e na preparação da obra;
- As alternativas de projeto podem ser mais facilmente estudadas;
- A transição entre fases do projeto é facilitada e a perda de dados é minimizada.

Com visualização e análise das quantidades e do orçamento em formato de lista e modelo 3D onde os itens selecionados são destacados no modelo e vice-versa, esperamos:

- Os projetistas estarão melhor ligados ao impacto financeiro/ambiental das suas decisões, uma vez que os custos são encontrados em minutos, em vez de dias/semanas;
- O diálogo entre Projetista e cliente melhora, uma vez que há maior clareza nos dados transmitidos;
- Os decisores sem conhecimentos de construção podem compreender a estrutura de custos da obra e podem assim ter uma participação informada.

2. Metodologia e Tecnologia para QTO baseada em BIM

A extração de quantidades, tarefa que precede a orçamentação ou estimativa de custos é uma tarefa essencial em qualquer obra, e constitui um dos usos BIM mas que exige bom nível de maturidade pois a qualidade da modelação e da parametrização do modelo é essencial. Para tal, as regras de modelação geométrica devem ser estritamente seguidas, devendo verificar-se, entre outros aspetos que o modelo está completo, a sobreposição e continuidade dos objetos, a sua duplicação tanto no mesmo modelo como entre especialidades e, finalmente, a correta parametrização. Os softwares de modelação oferecem funcionalidades interessantes para a quantificação (*Schedules*), mas os softwares dedicados como o Solibri ou o Navisworks permitem maior controlo sobre a operação. Entre as vantagens, salienta-se a verificação de que todos os objetos são medidos, e a comparação automática entre medições consecutivas.

2.1. Extração de quantidades

A Consultora desenvolveu uma metodologia de extração de quantidades direcionada para a fase de desenvolvimento de projecto. Esta metodologia foi construída ao longo de sete anos para conciliar duas realidades : o trabalho do projetista e o trabalho do medidor orçamentista (MO).

Reconhecendo que as definições e intenções de projecto são em parte interpretadas pelo MO, acarretando erros quantitativos e de julgamento, procurou-se inverter a sequência tradicional de trabalhos. Se é verdade que o MO inicia seu trabalho numa fase final da produção do projetista, sendo o desafio nesse momento o desmontar dum conjunto de informação interdependente, não necessariamente coesa, a nossa metodologia propõe que a medição seja iniciada com o arranque do próprio projecto. Por outras palavras, o que é habitualmente um desiderato da atividade de projecto e que culmina com a quantificação dos trabalhos e materiais, transforma-se numa condição para o desenvolvimento do próprio projecto, atribuindo-lhe maior rigor e coerência.

Em termos práticos, um dos pontos fortes da metodologia é partir de uma base de dados em Sharepoint que está ativa desde o arranque. Esta base de dados antecede o trabalho de modelação e informa da especificidade de cada objeto do modelo através de parâmetros nativos bem conciliados. O parâmetro que recebe a informação (especificação de projecto) é catalogado de um modo customizado ou recorrendo a standards de construção, funcionando a partir daí como código único nas peças desenhadas e Mapas de Quantidades (ver esquema abaixo).

Outro aspeto importante é o facto de projetista e MO estarem em tempo real a trabalhar em simultâneo na base de dados. Isto possibilita que a análise da informação por parte do MO seja progressiva (permitindo até ações corretivas) e que a composição de preços se realize desde as fases iniciais. Consequentemente, a própria equipa de projecto ganha visibilidade sobre a frente de orçamentação que ocorre em paralelo. Apesar de ter sido pensada para um contexto de projecto de arquitetura, verifica-se ainda que a metodologia apresenta uma flexibilidade que permite a sua aplicação a outras especialidades, sendo comum o princípio da fonte única de informação.

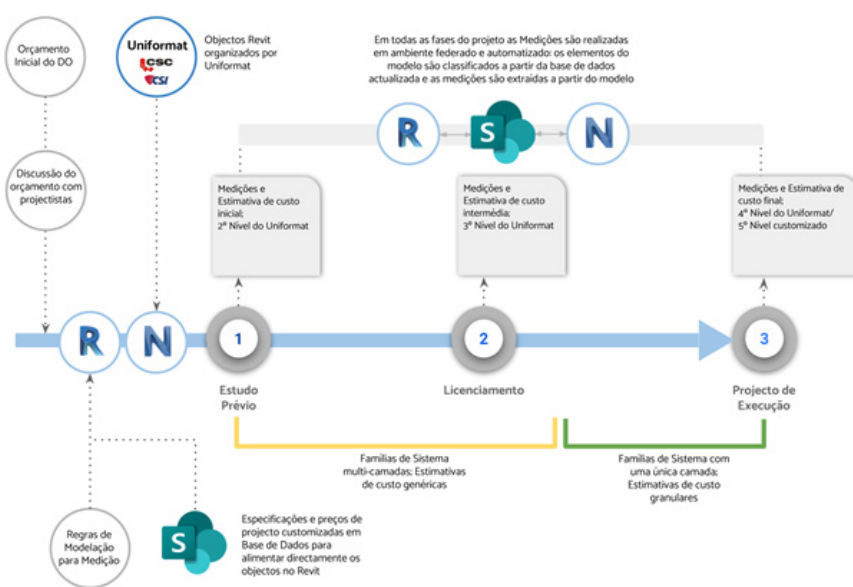


Figura 1
Esquema geral de extração de quantidade e orçamentação.

2.2. Identificação das necessidades de melhoria

Esta candidatura teve como objetivo reforçar as capacidades de desenvolvimento de software e de trabalho na nuvem da Consultora. Esta é entendida como a evolução natural do envolvimento em projetos domésticos de dimensão e complexidade crescentes, representando um CAPEX superior a mil milhões de euros e exigindo uma crescente otimização/redução de erros e capacidades de partilha de trabalho. Na verdade, uma das questões mais prementes na manipulação de quantidades a partir de modelos é, não apenas a fiabilidade do processo em si, mas a capacidade de demonstrar e rastrear o processo de medição, comunicando-o de forma transparente a todas as partes. Pretende-se, portanto, trazer para a Gestão da Construção as eficiências experimentadas em indústrias como as TI e os serviços financeiros. Este reforço permite oferecer um serviço abrangente aos clientes tanto no país como em mercados externos maduros, através de uma maior visibilidade.

A partir da análise detalhada do processo de extração de quantidades descrito acima, escolheram-se os passos com maior potencial de melhoria, com menor investimento, de forma adequada à fase inicial do projeto Metabuilding.

Assim, e dado que a Consultora usa regularmente e de forma proficiente o sistema de classificação Unifomat II [2] na língua inglesa original, que tem traduzido para Português, optou-se por terminar esta tradução, o que permite a utilização simultânea nas duas línguas. Este sistema de classificação, que consiste numa única tabela que organiza as componentes de um edifício num Work Breakdown Structure (WBS), é adequado para o uso em vista e de aplicação simples.

Desenvolveram-se dois plugins, depois fundidos num único, para automatizar a extração de quantidade no software Navisworks:

- Introdução das especificações de cada artigo nos mapas de quantidades. Estas especificações são procuradas pela rotina diretamente na base de dados, o que significa que podem ser aperfeiçoadas até ao fim do trabalho.
- Automação da passagem dos objetos de modelo de forma integral para os artigos de medição correspondentes, gerando instantaneamente o Mapa de Quantidades. Por outras palavras, a rotina procura no modelo os objetos cujo código corresponda ao artigo de medição, e coloca-os no próprio artigo (os *search sets* são encaminhados para o WBS).

Em terceiro lugar, introduziram-se melhorias no tratamento de dados após a Extração de quantidades, no Excel, onde é feita a organização do Mapa de Quantidades, da Estimativa de Custos, através do desenvolvimento de rotinas de PowerQuery e macros em VBA.

Finalmente, melhorou-se a comunicação com o Cliente, através do desenvolvimento de *dashboard* online que mostra a utilizadores autorizados o mapa de quantidades no formato Excel tradicional, acompanhado do modelo tridimensional.

2.3. Candidatura Metabuilding

O projeto Metabuilding (<https://www.metabuilding.com/>) tem como objetivo ligar pequenas e médias empresas a organismos públicos e grandes empresas de diferentes sectores, a fim de criar uma cadeia de valor integrada no sector da construção. É financiado pelo *Research and Innovation Programme* do Horizonte 2020, da União Europeia e integra a Áustria, França, Hungria, Itália, Portugal, Espanha. Na base deste programa está a colaboração e partilha de conhecimento entre empresas e entidades destes países. O participante nacional no consórcio é a Plataforma Tecnológica Portuguesa da Construção.

Uma das iniciativas do programa são os vouchers inovação SEED, que apoiam ideias de inovação em PME até €5000, tanto em estado exploratório como projetos próximos do mercado (TRL 7-9).

Participaram na candidatura a Consultora como candidato e promotor e o ISTAR – Iscte o prestador de serviços. A submissão consistiu num formulário acompanhado pela proposta de desenvolvimento dos serviços. Apesar da divisão formal de tarefas, a submissão foi um trabalho colaborativo.

A candidatura ao programa SEED foi relativamente simples e contou com a colaboração do ponto de apoio nacional na orientação da candidatura e no esclarecimento de questões práticas, livre de burocracias excessivas.

3. Descrição dos desenvolvimentos

Nas próximas subsecções expõem-se cada um dos desenvolvimentos. Nem todos foram resultado exclusivo do projeto Metabuilding, mas como formam um conjunto coerente são apresentados de forma agregada.

3.1. Sistema de Classificação

O tema da classificação da informação relativa à construção (Construction Information Classification System – CICS) tem raízes antigas e o modo como é tratado está geralmente associado às geografias de origem e ao seu nível de desenvolvimento industrial.

A adoção de um determinado sistema de classificação pode, pelo efeito da massificação, trazer previsibilidade no planeamento dos empreendimentos e maior eficiência na comunicação entre atores da indústria da construção. Concomitantemente, pode também servir como promotor de práticas mais sustentáveis pelo uso de informação baseado em conceitos de sustentabilidade e de economia circular.

A metodologia descrita tem feito uso do Unifomat como base de classificação, não por se tratar de um sistema superior ou mais completo, mas por permitir uma leitura bastante expedita da sua estrutura. Isto facilita a comunicação com qualquer

interveniente, não o obrigando a ser especialista ou conhecedor das diferentes camadas que outros sistemas de classificação (multifacetados) apresentam.

Acresce, por outro lado, que a prática profissional de projetistas em todo o mundo é muitas vezes assente em regras de colaboração BIM que usam o Unifomat para segregar os elementos da construção. Resulta natural que o Unifomat seja adotado para outros fins dentro dos mesmos processos, como é o caso de um WBS para construir estimativas de custo. Esse facto enraizou-se de tal modo que organizações como o RICS reconhecem hoje ser necessário criar tabelas de correspondência entre standards como o International Construction Measurement Standards (ICMS) e o próprio Unifomat.

A iniciativa de traduzir o Unifomat para português, pareceu, também, pela sua dimensão, um trabalho mais facilmente alcançável, tarefa a que a Consultora se propôs realizar e para a qual contou com o apoio da Lipronerg, empresa de engenharia multidisciplinar.

No quadro da metodologia descrita, o Unifomat tem sido empregue em todas as fases de projecto, até ao seu 4º nível, recorrendo-se à criação do 5º nível de forma customizada, caso a caso, sem desvirtuar a lógica dos elementos funcionais que estrutura o sistema. O modo de tornar coerente o resultado final pressupõe que o descritivo de cada artigo inclua sempre as diferentes naturezas de trabalhos e materiais necessários à completa execução do mesmo, evitando a desagregação excessiva de informação como seria o caso do uso do Masterformat a partir do 5º nível. Neste último exemplo, importa referir que apesar da experiência da Consultora com o sistema Masterformat em mercados de matriz norte-americana como a Península Árabe, essa mesma prática nunca se mostrou frutuosa no mercado nacional. Sem a implementação deste standard no seio dos fabricantes e restante cadeia de produção, esgota-se o benefício de associar códigos a bases de preços, ou a famílias de materiais.

3.2. Plugin para introdução das descrições nos mapas de quantidades

Os *plugins* desta e da próxima secção foram desenvolvidos na linguagem de programação C# com o IDE (*Integrated Development Environment*) Visual Studio Community 2021 e tem sido utilizado no software Autodesk Navisworks 2021 com recurso à distribuição em .NET do SDK (*Software Development Kit*) disponibilizado. Deste SDK são utilizadas as bibliotecas de Takeoffs (Autodesk.Navisworks.Api.Takeoff), Data (Autodesk.Navisworks.Api.Data) e Plugins (Autodesk.Navisworks.Api.Plugins). A integração com o Excel é através da biblioteca FreeSpire.Xls.

O primeiro plugin tem como fim automatizar a criação do articulado do projeto, populando no WBS as descrições definidas externamente em formato XLS. Os dados provenientes deste ficheiro são especificações de projecto que geram a legendagem das peças desenhadas e artigo de medição, anulando hipóteses de informação contraditória entre diferentes peças de projecto.

A passagem automatizada de toda a informação é feita com o plugin desenvolvido e pode ser realizada como última tarefa de medição. Daqui resulta que a parte mais substantiva do trabalho de medição e orçamentação consiste na preparação do WBS, artigo a artigo, analisando e testando cada objeto a medir e estabelecendo o critério de medição a aplicar. Esta fase de análise de modelos e interação com o projetista revela-se crucial no aporte qualitativo ao processo de medição como um todo, ficando a dimensão mais laboriosa e que tipicamente consome mais tempo a cargo da computação.

O utilizador fornece ao plugin o caminho do ficheiro Excel que contém as descrições, e qual a folha e as colunas dos códigos e descrições que se pretende integrar no WBS. O *plugin* acede depois à base de dados interna do modelo e produz uma estrutura de objetos C# numa hierarquia em árvore que replica o WBS. Esta é percorrida recursivamente até aos níveis mais profundos, onde são feitas as atualizações das descrições. Todas estas atualizações são registadas e incluídas num ficheiro de *log* em formato CSV (*comma-separated values*). Assim, o mapa de quantidades no Navisworks passa a conter as descrições dos códigos de projeto (os *keynotes*), que passam a constar dos mapas de quantidades e estimativas de orçamento gerados.

3.3. Automação da passagem dos *search sets* para o WBS

O segundo plugin permite associar objetos contidos em *Search Sets*, definidos através do sistema de classificação, aos capítulos do Quantification Workbook, permitindo que um modelo bem classificado seja medido de forma quase instantânea.

Quando acionado, o *plugin* começa por percorrer recursivamente os *search sets* e avalia se têm os elementos selecionados. Cada vez que encontra um destes *sets*, percorre toda a árvore do WBS (à semelhança do procedimento descrito na secção 3.2) até às entidades nos níveis mais profundos da árvore. O título do *search set* é comparado ao nome de cada uma destas entidades e quando há uma equivalência, as geometrias tridimensionais deste *set* são inseridas no WBS.

Os ganhos de produtividade são significativos. Não obstante, mantém-se a necessidade de acompanhar esta atribuição, e fazer verificações extensivas, principalmente na primeira medição de cada modelo. Depois de se ganhar confiança as medições posteriores podem ser feitas mais rapidamente. Com o crescimento da automação, é necessário controlar a qualidade da classificação dos modelos, pois um código mal atribuído irá ter como consequência a entrada do elemento no capítulo errado.

3.4. Dashboard

Os mapas de medições, quantidades e estimativas de custos são documentos extensos e que devem ser lidos em conjunto com os elementos de projeto, seja no formato de desenho seja nos próprios modelos. Ora esta leitura conjunta exige prática e pode ser confusa, exigindo a procura dos códigos de projeto nas duas vistas do projeto. Exigem ainda que o utilizador tenha os *softwares* necessários para ler o modelo. Foi

assim desenvolvido um *dashboard* online, com acesso controlado, que permite ler o orçamento e o modelo realçando neste o item selecionado. torna-se assim claro para o utilizador ou quais os elementos construtivos associados a cada entrada do orçamento, e como se integram na obra. É assim possível compatibilizar os itens medidos e orçamentados com a sua localização e integração na obra, de forma acessível a qualquer utilizador sem conhecimentos de modelação e sem necessidade de instalação de *software*. Consegue-se assim pôr a informação do modelo BIM à disposição de gestores de projeto, executivos e decisores.

O dashboard é disponibilizado no *browser* e , na primeira versão, baseia-se no Microsoft PowerBI para disponibilização do orçamento e na plataforma Forge da Autodesk para visualização do modelo. Sendo a manipulação da informação no servidor, não há limitações ao tamanho e complexidade do modelo e orçamento, cuja segurança é assegurada pois não pode ser descarregado. A folha de cálculo contém um código para cada entrada. Este código é o parâmetro de mapeamento entre a folha e o modelo. O código para o visualizador é desenvolvido com recurso ao PowerBI Custom Visuals na linguagem TypeScript, onde é feita a integração com a ForgeViewer API. Esta aplicação em TypeScript pode ser integrada no dashboard através da criação de um pacote que pode ser depois importado como um “custom visual” no dashboard, ou correndo a aplicação em servidor local e integrando um componente “visual de programador” no dashboard que vai consumir a aplicação num porto pré-definido.

Para integrar o visualizador com a folha de cálculo, é necessário adicionar o parâmetro de mapeamento (correspondente a uma das colunas da folha de cálculo) ao “visual de programador”. A aplicação deteta as seleções na folha de cálculo, cruzando o(s) código(s) da(s) entrada(s) com os elementos no modelo e os elementos correspondentes no visualizador surgem realçados e os restantes elementos passam a *wireframe*.

4. Caso de Estudo

Nesta secção apresenta-se a primeira aplicação a um caso real. É neste confronto com a realidade que podemos testar a real utilidade e limitações dos desenvolvimentos. O Projecto/Obra é um edifício de escritórios, inserido num desenvolvimento urbanístico de grande dimensão. Trata-se de um edifício de raiz com uma grande densidade de infraestruturas (vários sistemas de hidráulica e AVAC) e uma equipa muito especializada com mais de dez empresas de projecto, nacionais e internacionais a trabalhar em simultâneo. A imagem seguinte mostra o interface acima descrito, numa fase de desenvolvimento.

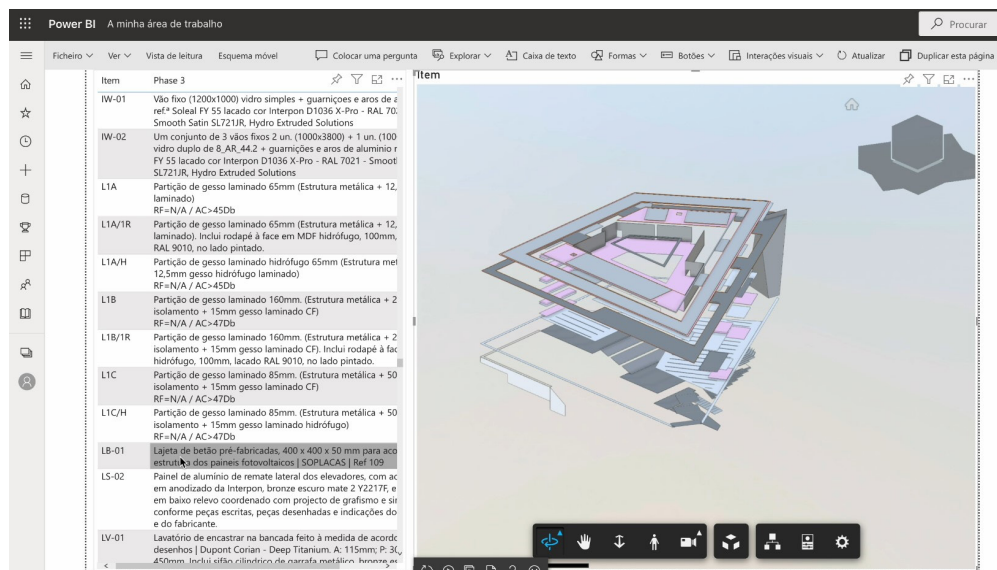


Figura 2
Dashboard PowerBi com
integração do modelo
BIM do BIM 360.

Estes desenvolvimentos foram testados em fase de consulta de empreitada. No que diz respeito à medição, na fase final do projecto de execução foi necessário unificar medições de dez especialidades, grande parte das quais medidas em Navisworks usando os plugins desenvolvidos, tendo-se obtido ganhos de eficiência, medidos em horas necessárias para a quantificação a partir dos modelos com e sem os plugins, superiores a 50%. O facto de todos mapas de quantidades terem sido entregues em Unifomat facilitou este trabalho, assim como a alocação de custos por localização no edifício. Foi utilizado o Excel *Power Query*, que ainda permite atualizar os dados quando existem novas versões das medições, para esta tarefa por permitir tratar dados que por vezes nem sempre coerentes de forma rápida e flexível. O Excel resultante que permitiu ligar os códigos existentes nas medições com os códigos correspondentes nos modelos. Estes códigos podem ser aplicados nos modelos como “Type” (mais comum na Arquitectura) ou como “Instance” (mais comum no AVAC, Hidráulica e Eléctricas).

Quanto ao dashboard, foi empregue na apresentação e discussão das medições em sede de gestão de projeto e apresentação dos orçamentos. Sendo aqui os ganhos menos tangíveis, a sua utilização foi considerada valiosa, e foi requerida a sua implementação no projeto.

5. Conclusões

Este projecto alinha-se com a Estratégia Nacional Indústria 4.0 e com a iniciativa Green Deal/Nova “Bauhaus Europeia” da UE. É aceite que a indústria AECO está atrasada em relação a indústrias semelhantes em vários indicadores chave: evolução da produtividade, digitalização, investimento em I&D, e objetivos de sustentabilidade. As empresas de gestão BIM e de projeto, trabalhando em todas as fases do ciclo de vida e trabalhando em parceria com projetistas e contratantes, catalisam diretamente o seu meio envolvente. Por outro lado, este projeto estabelece pontes entre as empresas e os centros de investigação e universidades.

O impacto do projeto na Consultora tem várias dimensões. Por um lado, aumenta a produtividade, automatizando tarefas que são repetitivas e suscetíveis a erros caso sejam feitas de forma manual ou semi-manual. Isto repercute-se no rendimento das tarefas e na melhoria do serviço prestado aos clientes, permitindo não só maior rapidez, o que leva a que as estimativas de custos passem a ser feitas de forma mais completa e frequente, ao longo do desenvolvimento do projeto, e não só no final das etapas. Tendo esta possibilidade, a própria filosofia de gestão de custos é alterada. Por outro lado, o *dashboard* de medições e estimativa de quantidade^{1s} online permite extrair mais valor dos modelos, permitindo duas valências diferentes: por um lado, a sua compreensão e uso por não profissionais da construção, ou por profissionais que não têm experiência com os softwares BIM, e por outro lado, extrair mais conhecimento dos modelos e estimativas de custos, ao permitir a comparação entre ambos.

Estão em perspectiva outros desenvolvimentos, tanto na automação de processos como na utilização de plataformas online. No que diz respeito à automação, há margem para progressão, mas entende-se também que devem persistir pontos de controlo onde se avalia a correção dos processos. O uso da tecnologia deve refletir este equilíbrio. Já no que respeita à visualização de informação e geometria em interfaces intuitivos, trabalhamos em visualizações que são feitas habitualmente nos *softwares*, como o faseamento da construção ou a classificação dos modelos, e outras que podem ser úteis na comunicação com o público, investidores ou autoridades.

Agradecimentos

Este trabalho foi financiado pelo Metabuilding (H2020 G.A. No. 873964) e pelo 19_Call#2_SECCLasS – Sustainability Enhanced Construction Classification System, financiado pelo EEA Grants Portugal e parcialmente financiado pela FCT/MCTES no âmbito do projeto UIDP/04466/2020 da Unidade de I&D ISTAR.

Referências

- [1] R. Sacks, C. Eastman, G. Lee, and P. Teicholz, *BIM Handbook – A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers*, 3^a ed. Wiley, 2018.
- [2] A. Borrmann, M. König, C. Koch, and J. Beetz, *Building information modeling : technology foundations and industry practice*. Springer, 2018.
- [3] Santos, R, “Integration of LCA and LCC with BIM for the environmental and economic assessment of buildings”, PhD thesis, Lisbon University, 2019.
- [4] P. Torgal, *Advances in Construction and Demolition Waste Recycling*. 2020. doi: 10.1016/B978-0-12-819055-5.00001-2.

- [5] S. Siebelink, H. Voordijk, M. Endedijk, and A. Adriaanse, "Understanding barriers to BIM implementation: Their impact across organizational levels in relation to BIM maturity", *Frontiers of Engineering Management* 2020 8:2, vol. 8, no. 2, pp. 236-257, Mar. 2020.
- [6] M. C. Tagg, "The State of BIM-Based Quantity Take-Off Implementation Among Commercial General Contractors", 2017. MSc thesis, BYU University
- [7] A. Monteiro and J. Poças Martins, "A survey on modeling guidelines for quantity takeoff-oriented BIM-based design", *Automation in Construction*, vol. 35, pp. 238-253, Nov. 2013, doi: 10.1016/J.AUTCON.2013.05.005.
- [8] Building Smart Finland, "COBIM 2012 – Series 7: Quantity take-off", 2012.
- [9] P. State, *BIM Project Execution Planning Guide*, Version 2. 2019.
- [10] R. P. Charette and H. E. Marshall, "UNIFORMAT II Elemental Classification for Building Specifications, Cost Estimating and Cost Analysis". 1999.