

Cálculo das necessidades de ventilação em Revit através de *scripts* em Dynamo

<https://doi.org/10.21814/uminho.ed.142.17>

José Cruz¹, Hugo Silva¹,
Luís Ribeirinho¹, Sofia Henriques¹

¹ TPF – Consultores de Engenharia e Arquitetura, S.A., Lisboa

Resumo

A gestão de informação no desenvolvimento de projetos, particularmente em BIM, é uma área de grande importância, que responde aos desafios diários que se colocam na utilização eficiente da informação. A TPF – Consultores de Engenharia e Arquitetura, S.A., sendo uma empresa multidisciplinar, criou processos de centralização de informação nos modelos BIM das diferentes disciplinas, nomeadamente na disciplina AVAC. O processo aqui descrito é dedicado ao cálculo analítico das necessidades de ventilação em Edifícios. Anteriormente, estes cálculos apoiavam-se na transferência de dados entre vários ficheiros e programas. Atualmente, integra-se o meio analítico no seio dos modelos BIM produzidos em *Revit*. Através de vários *scripts* em *Dynamo*, criou-se um cálculo automático e progressivo das necessidades de ventilação, nomeadamente de hospitais. Os outputs intermédios e finais são incrementalmente gravados em parâmetros no modelo *Revit*. Cada passo intermédio permite uma análise crítica dos resultados, garantindo que estão em linha com critérios específicos do projeto. Estes *outputs* são utilizados não só para memórias de cálculo, mas também para outros fins, tais como: modelação e dimensionamento das redes de condutas com base nos caudais calculados e entrega de modelos IFC ao Cliente, organizados de acordo com as diferentes rubricas dos Mapas de Quantidades. Ao nível da coordenação com as restantes especialidades, os modelos *Revit* de AVAC são alimentados com a informação necessária às outras especialidades, permitindo assim que esta seja consultada pela restante equipa através dos *links* dos modelos.

1. Introdução

Nos últimos anos a TPF – Consultores de Engenharia e Arquitetura, S.A. generalizou a utilização da metodologia BIM nos seus projetos. A equipa de AVAC, seguindo o exemplo de outras equipas dentro da empresa, identificou um conjunto de melhorias que poderiam ser implementadas no seu fluxo de trabalho. No presente artigo descrevem-se as ferramentas que foram elaboradas para otimizar os processos no desenvolvimento e coordenação dos projetos de AVAC.

2. Fluxo tradicional no cálculo de ventilação

A qualidade do ar interior (QAI) nos edifícios está diretamente relacionada com o bem-estar, o conforto e saúde dos seus ocupantes. A ventilação tem um papel fundamental no controlo da qualidade do ar interior, uma vez que promove a circulação de ar novo nos espaços fechados, permitindo a diluição dos poluentes gerados no interior do edifício e o controlo de odores. Adicionalmente, a ventilação tem um papel importante no controlo da temperatura e da humidade dos espaços. De uma forma geral, uma ventilação adequada aumenta a saúde e o conforto dos ocupantes e reduz a possibilidade de dores de cabeça, fadiga, alergias e problemas respiratórios causados pela má qualidade do ar interior.

A renovação dos espaços está regulada por regulamentos e normas nacionais e internacionais. Em Portugal, é o Decreto-Lei n.º 101-D/2020 [1] que define os critérios mínimos de ventilação. Internacionalmente é utilizado como referências standard 62.1 da ASHRAE [2].

Independentemente do regulamento utilizado, temos sempre dois requisitos de ventilação: o caudal mínimo de ar novo e o caudal mínimo extração.

Na maior parte dos espaços, a ventilação é determinada pelo caudal mínimo de ar novo, mas em espaços com elevada produção de poluentes, como instalações sanitárias e cozinhas, a ventilação é determinada pelo caudal mínimo de extração.

O caudal de ar novo é definido por três critérios: um critério em função do número de ocupantes, outro em função da área de pavimento e outro em função do volume do espaço. O ar novo mínimo de um espaço obtém-se pelo máximo destes três critérios. Estes critérios variam em função do tipo de espaço. Assim, para calcular o ar novo mínimo de um espaço, é necessário saber qual o tipo de espaço, a ocupação, a área e o volume.

O caudal de extração, calcula-se de uma forma semelhante ao do ar novo. Note-se apenas que no cálculo do caudal de extração de alguns espaços, a ocupação é inferida diretamente pelo número de aparelhos sanitários, como sanitas, urinóis ou duches.

Tradicionalmente os engenheiros de AVAC recorriam a folhas de cálculo onde listavam todos os espaços de um edifício e iam preenchendo manualmente ou semi-manualmente os dados necessários (número do espaço, nome, tipo de espaço, área, volume, nº ocupantes, nº urinóis/sanitas, nº duches). Em função destes dados, consultando as tabelas dos regulamentos, preenchia-se para cada tipo de espaço os requisitos mínimos de ar novo e de extração por ocupante, por área e por volume e calculavam-se os caudais de cada espaço. Estas folhas eram então partilhadas com os desenhadores ou modeladores que as consultavam para desenvolver as redes de ar.

3. Cálculo de necessidades de ventilação no *Revit*

Com o objetivo de melhorar a eficiência do processo de cálculo das necessidades de ventilação e evitar desperdício de informação redundante, procurou-se centralizar toda a informação no modelo BIM. Nesse sentido, a informação já disponível no modelo BIM, em vez de ir alimentar um ficheiro de *Excel*, passou a permanecer no modelo e todo o cálculo passou a ser feito através de vários *scripts* em *Dynamo*, incrementando a informação dentro do modelo.

Note-se que a metodologia definida de seguida tem as suas limitações. Primeiro, não está totalmente automatizada, sendo necessária a utilização de vários *scripts* diferentes para chegar ao cálculo final.

Segundo, existe uma limitação do tipo de utilizador. Sendo uma ferramenta de cálculo, foi concebida para ser utilizada por um Engenheiro de AVAC e não por um modelador.

Por fim, esta ferramenta foi preparada para o cálculo de ventilação de acordo com o método prescritivo definido no Decreto-Lei n.º 101-D/2020. Em casos particulares, como por exemplo um auditório ou uma sala de cinema, em que temos taxas de ocupação muito variáveis, pode-se utilizar um método analítico em que o cálculo é feito tendo em conta a evolução temporal da concentração de dióxido de carbono (CO₂) previsível no espaço, em função do respetivo perfil de ocupação, perfil de ventilação e das características físicas dos ocupantes. Como este método é utilizado esporadicamente optou-se por não o incluir nos *scripts* desenvolvidos.

3.1. Caracterização dos espaços por tipo

Tal com já acontecia no fluxo tradicional para cálculo das necessidades de ventilação, é necessário caracterizar cada *space* do modelo *Revit* pelo tipo de atividade, de acordo com os critérios de ventilação definidos previamente num ficheiro de *Excel*.

Este procedimento tende a ser moroso, pois requer uma análise crítica na atribuição ao tipo de atividade a cada compartimento. No entanto, considerando que esta atribuição está na maioria associada ao nome de cada compartimento, foram criados *scripts* em *Dynamo*, para auxiliar o projetista a atribuir o tipo de atividade a vários *spaces* em simultâneo, no parâmetro correspondente.

Estes *scripts* permitem ao utilizador procurar várias palavras-chave num determinado parâmetro dos *spaces* (definido pelo utilizador) e atribuir o tipo de atividade de ventilação a todos os *spaces* que cumpram a condição dos *inputs* definidos. Portanto, estes *scripts* são ferramentas que servem para introduzir informação em bloco e de forma incremental, à medida que o utilizador vai alterando os diferentes *inputs* a serem executados pelo *script*.

Estas ferramentas têm especial relevância para projetos de grande dimensão, com layouts e utilizações mais heterogêneos, como é o caso de projetos de hospitais em que a TPF Consultores está envolvida, cujo número de compartimentos, por vezes, ultrapassou as 1000 unidades.

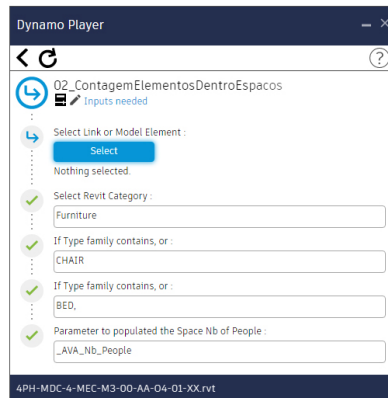
3.2. Cálculo da ocupação dos espaços

O cálculo da ocupação de cada espaço é habitualmente feito através da consulta das plantas de arquitetura, em especial das plantas de mobiliário que permitem perceber o número de pessoas previstas para os compartimentos. Por exemplo, num escritório a ocupação é obtida pelo número de postos de trabalho e nos quartos pelo número de camas. Por norma, este é um processo manual e moroso.

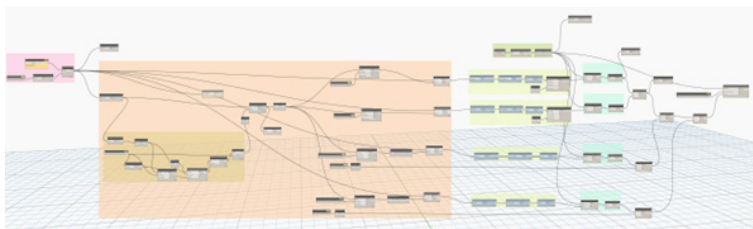
Estando o mobiliário no modelo BIM, à partida, seria simples com recurso a tabelas, fazer esta contagem. No entanto, há vários desafios a esta automatização. Primeiro, o tipo de mobiliário que define a ocupação num tipo espaço não é o mesmo que define a ocupação noutro tipo espaço. Segundo, existem peças de mobiliário que representam uma ocupação superior a 1, como é o caso, bancos de salas de espera com vários assentos.

A fim de acelerar este processo, foi preparado o *script* em *Dynamo*, conforme se ilustra nas Figuras 1 e 2, que lê o *link* do modelo do mobiliário e soma o mobiliário de acordo com os *inputs* dados pelo utilizador. Este *script* prevê que seja contabilizado um efetivo superior a 1, para peças de mobiliário que correspondam à utilização de várias pessoas em simultâneo. Assim, é possível personalizar uma série de condições para somar o efetivo através do mobiliário e introduzir a ocupação total no espaço correspondente no respetivo parâmetro.

O *script* foi preparado de uma forma que permite não só contabilizar a ocupação, mas também o número de aparelho sanitários, que são essenciais para o cálculo do caudal mínimo de extração das instalações sanitárias e balneários.

**Figura 1**

Script de cálculo da ocupação – painel de interface com o utilizador.

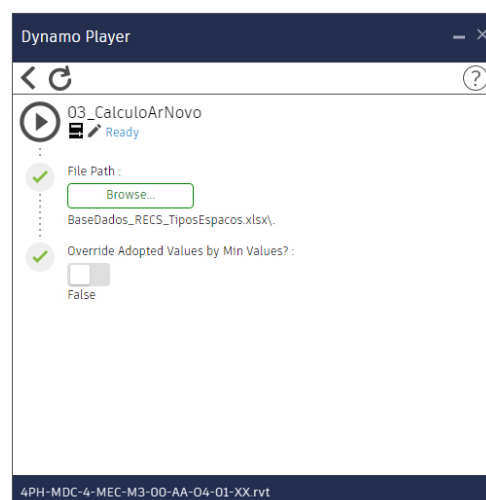
**Figura 2**

Script de cálculo da ocupação – vista geral do código.

3.3. Cálculo do Ar Novo

Ao contrário dos *scripts* explicados nos subcapítulos anteriores, que se destinavam a acelerar um processo moroso de levantamento de informação, o *script* criado para o cálculo do ar novo visou a substituição de folhas de cálculo e a centralização da informação no modelo BIM.

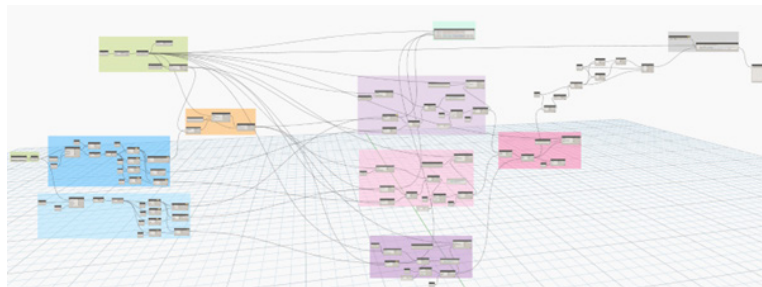
Como referido no capítulo 2, o caudal mínimo de ar novo é definido em função do tipo de espaço, da ocupação, da área e do volume. O *script* foi desenhado de forma a ler uma base de dados em *Excel* onde estão definidos os critérios de ventilação em função do tipo espaço (Figuras 3, 4 e 5).

**Figura 3**

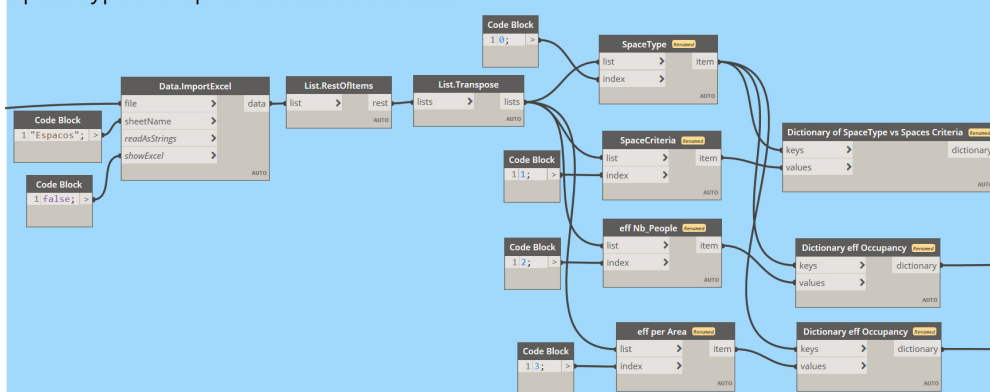
Script de cálculo de ar novo – painel de interface com o utilizador.

Figura 4

Script de cálculo de ar novo – vista geral do código.



Space Type and Space Criteria Dictionaries



Para cada um dos três critérios, ocupação, área e volume, é calculado o valor de ar mínimo correspondente. O máximo destes três valores define o caudal de ar novo mínimo. Para evitar ter quantidades muito baixas de ar nos espaços, foi ainda definido um valor mínimo por espaço.

Por uma questão de verificação, optou-se por registar os valores intermédios do cálculo em parâmetros associados aos espaços.

3.4. Cálculo do caudal de extração

O *script* do cálculo do caudal de extração tem uma estrutura muito semelhante ao *script* do cálculo do ar novo. É lida uma base de dados onde estão definidos os critérios de ventilação para cada tipo de espaço. Neste caso, a extração mínima é definida em função do número de aparelhos sanitários ou, caso não existam, em função do volume do espaço.

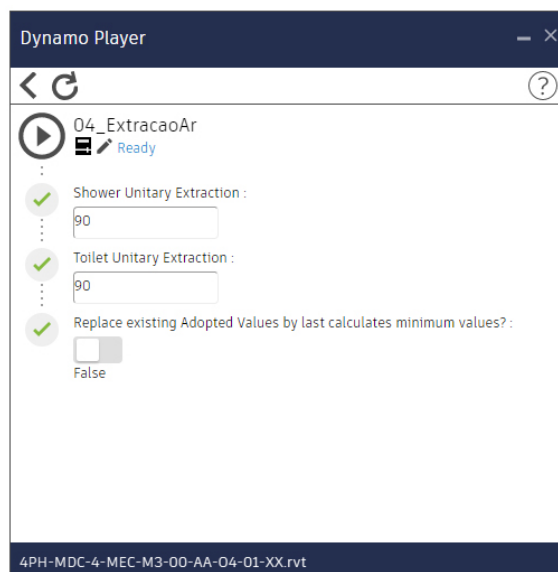


Figura 6
Script de cálculo do caudal de extração – painel de interface com o utilizador.

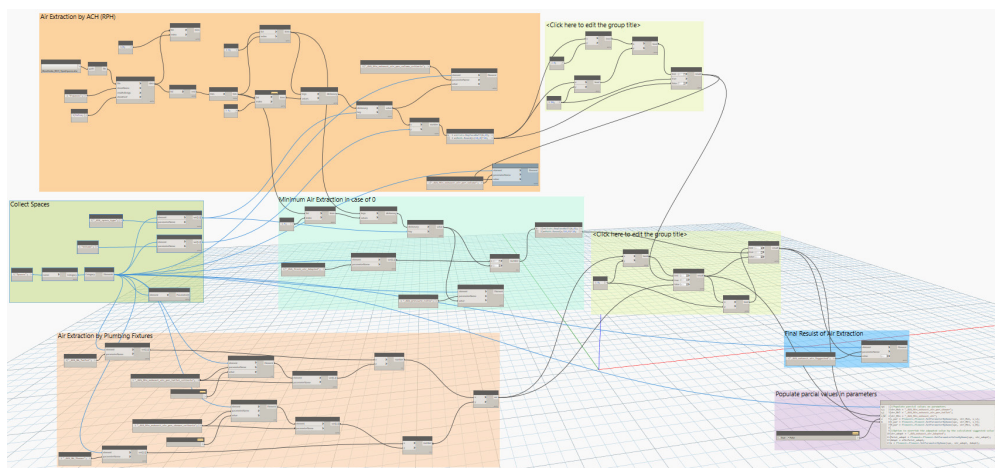


Figura 7
Script de cálculo do caudal de extração – vista geral do código.

Nos espaços sem requisitos de extração, o valor do caudal de extração é definido em função do caudal de ar novo. Se o espaço tiver de estar pressurizado, o caudal de extração será inferior ao de ar novo. Caso o espaço tenha de estar em depressão, o caudal de extração será superior ao caudal de ar novo calculado no *script* anterior. Estas diferenças são definidas por um parâmetro de pressão que é lido na base de dados em *Excel*.

4. Coordenação e controlo de qualidade da modelação

A nível de coordenação com outras especialidades, a TPF Consultores procurou centralizar a troca de informação nos modelos BIM, nomeadamente a partir de vistas partilhadas dentro dos modelos que as outras especialidades podem consultar diretamente em ambiente BIM. Para além disso, foram criados parâmetros partilhados que permitem a troca de informação dos equipamentos modelados.

No que respeita ao controlo da qualidade de modelação, foram criados filtros dentro do modelo para uma fácil verificação dos elementos modelados por parte do projetista.

4.1. Melhoria 1 – Vistas partilhadas entre especialidades

Foram criadas várias vistas partilhadas (Figura 8), onde é trocada a informação entre as várias especialidades:

- Coordenação com arquitetura: vista partilhada entre Arquitetura e o AVAC onde é trocada informação entre as duas especialidades.
- Coordenação com Estrutura: vista partilhada entre Estrutura e o AVAC onde é trocada informação relativa aos negativos necessários nos elementos estruturais.
- Coordenação de tetos: vista partilhada entre Arquitetura, AVAC, Iluminação, Comunicações e Segurança ativa que permite a integração das várias especialidades na estereotomia dos tetos.
- Alimentação elétrica dos equipamentos de AVAC: foram criadas vistas onde são partilhados os equipamentos que necessitam de alimentação elétrica.

Figura 8
Exemplo de vistas partilhadas entre especialidades.



4.2. Melhoria 2 – Vistas de verificação da qualidade de modelação

Tal como se exemplifica na Figura 9, foram criadas várias vistas para fazer a verificação visual da qualidade de modelação:

- Altura dos equipamentos nos tetos: foram criadas vistas com filtros coloridos em que cada cor corresponde a uma altura para facilmente se verificar se os equipamentos de AVAC nos tetos estão à cota certa;
- Verificação do correto dimensionamento das condutas ou tubagens: foram criadas vistas com filtros coloridos em que as condutas ficam azuis quando o caudal é nulo e ficam a vermelho sempre que a conduta está mal dimensionada (critério em função da velocidade de perda de carga);
- Verificação do material das condutas ou tubagens: foram criadas vistas com filtros coloridos em que as condutas ficam com cores diferentes consoante o material utilizado, permitindo detetar erros na atribuição do material aquando da modelação;
- Registos corta-fogo nas fronteiras definidas no projeto SCIE: foram criadas vistas em que as paredes corta-fogo, modeladas no projeto SCIE, são assinaladas a vermelho de modo a facilitar a colocação de registo corta-fogo e a otimização da rede de condutas.

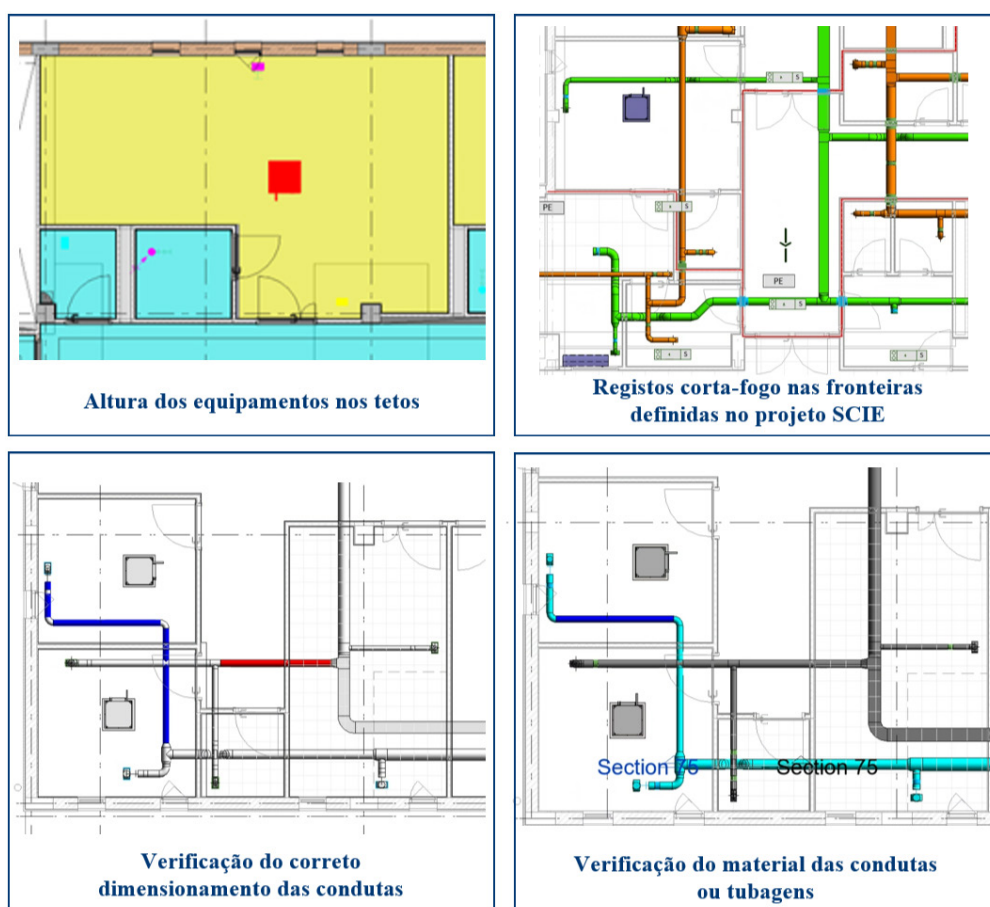


Figura 9
Exemplo de vistas de verificação da qualidade de modelação.

6. Perspetivas futuras

Pretende-se continuar a integração dos cálculos no *Revit* e a criar mais automatismos no processo de modelação.

Está a ser planeado criar um *script* que centre automaticamente os equipamentos nas quadrículas dos tetos, tornando automático um processo de ajuste que atualmente é manual e tem de ser feito sala a sala, equipamento a equipamento.

Outro automatismo que se pretende criar, é a introdução de registos corta-fogo nas redes de condutas sempre que estas cruzem uma fronteira corta-fogo.

5. Conclusões

A equipa de AVAC da TPF Consultores, nos últimos anos aumentou significativamente a sua maturidade BIM, tendo vindo a evoluir consistentemente, criando ferramentas que facilitam o desenvolvimento do projeto e a coordenação com as restantes especialidades.

A possibilidade de incorporar o cálculo e a modelação no mesmo software simplificou os processos, reduziu os erros de projeto e facilitou a troca de informação dentro da equipa. Para além disso, como os espaços são definidos no modelo e estão conectados ao modelo de arquitetura, as revisões de *layout* são mais facilmente integradas no projeto, uma vez que basta voltar a correr os *scripts* para ajustar os valores.

Adicionalmente, foi introduzida a cultura de partilhar e verificar a informação através de vistas criadas especificamente para o efeito. A tradução da informação contida no modelo em códigos de cores permitiu facilitar o processo de verificação da qualidade da modelação, que por vezes era moroso e complexo.

Tal só é possível porque toda a equipa trabalha exclusivamente em BIM.

Referências

- [1] Decreto-Lei n.º 101-D/2020, de 7 de dezembro – Estabelece os requisitos aplicáveis a edifícios para a melhoria do seu desempenho energético e regula o Sistema de Certificação Energética de Edifícios
- [2] ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2022, Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality