

VALIDAÇÃO DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA EM OPEN BIM. PROPOSTA DE ESPECIFICAÇÃO DE ENTREGA DE INFORMAÇÃO (IDS)

Maria Teresa Ferreira ⁽¹⁾, António Aguiar Costa ⁽²⁾, José Dinis Silvestre ⁽³⁾

(1) *Civil Engineering Research and Innovation for Sustainability* (CERIS), Instituto Superior Técnico (IST), Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001, Lisboa, Portugal, orcid.org/0000-0002-2826-7087.

(2) CERIS, IST, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001, Lisboa, Portugal, orcid.org/0000-0002-5123-4451.

(3) CERIS, IST, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001, Lisboa, Portugal, orcid.org/0000-0002-3330-2000.

Resumo

O sector da arquitetura, engenharia e construção (AEC) é responsável por 35% das emissões de gases com efeito de estufa. A avaliação do ciclo de vida (ACV) é um método reconhecido para avaliação dos impactes ambientais ao longo do ciclo de vida de um produto, material, sistema, ou do edificado. A integração do *Building Information Modelling* (BIM) e da ACV é um caminho que tem vindo a ser percorrido. Contudo, ainda tende a ser avaliado em fases finais do projeto onde as alterações com vista a melhorias ambientais são difíceis de implementar pela fase tardia em que chegam. Outra limitação é a ACV estar muitas vezes associada a *software* específico, de acesso fechado, o que limita a sua avaliação do projeto como um todo.

Assim, este artigo propõe um sistema de critérios para uma validação dos modelos BIM através de uma estrutura de especificação de entrega de informação (IDS) a ser executada em *softwares* de formato aberto, demonstrado num caso de estudo. Os resultados obtidos demonstram que, se os critérios estabelecidos forem cumpridos, o modelo está apto para a ACV em BIM. Resolve assim também o problema da interoperabilidade entre intervenientes AEC para a ACV, retendo nos modelos BIM os dados necessários para a ACV em todas as fases do ciclo de vida do projeto. Contribui ainda para as metas de descarbonização europeias, especificamente para a transição verde e digital do setor AEC.

1. Introdução e Revisão da Literatura

No contexto da transformação digital, existe uma necessidade crescente de reforçar a colaboração e otimizar os fluxos de trabalho ao longo do ciclo de vida do edificado, particularmente entre equipas multidisciplinares que utilizam diferentes *softwares* de *Building information modelling* (BIM). Para dar resposta a esta necessidade, é essencial desenvolver fluxos de trabalho que não estejam dependentes de plataformas de *software* específicas e que possam ser executados de forma independente. Esta abordagem está alinhada com os princípios

promovidos pela BuildingSMART [1], que visam fomentar normas abertas para a colaboração e a interoperabilidade. Consequentemente, a adoção de uma abordagem *Open BIM* constitui um passo lógico, permitindo a troca fluida de dados e o trabalho cooperativo entre diversas plataformas e partes interessadas.

O esquema *Industry Foundation Classes* (IFC) define um formato normalizado e legível por máquina para a representação de dados no setor do ambiente construído. Regido por uma norma internacional aberta [2] e disponibilizado sob uma licença *Creative Commons*, o IFC assegura a interoperabilidade e a consistência dos dados. A sua estrutura independente de fornecedores permite a automatização de fluxos de trabalho digitais e encontra-se abertamente acessível aos intervenientes da indústria, funcionando como uma linguagem universal para a comunicação e troca de dados entre ferramentas BIM.

De acordo com a BuildingSMART, a *Information Delivery Specification* (IDS) define um conjunto de especificações obrigatórias que devem ser incluídas num ficheiro IFC. O IDS define formalmente os requisitos de informação num formato legível por máquina, permitindo a verificação automática da conformidade dos modelos IFC e, consequentemente, melhorando a qualidade e a precisão dos dados. Adicionalmente, o IDS facilita a troca eficiente de informação ao estabelecer expectativas e orientações claras para a transferência de dados. Os utilizadores de IDS podem especificar requisitos detalhados para a inclusão em objetos BIM, classificações, propriedades e valores nos modelos IFC, assegurando uma entrega de dados consistente e precisa.

No que respeita aos fluxos de trabalho *Open BIM* e de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), numa abordagem estática, o modelo BIM é exportado como um ficheiro IFC e posteriormente importado para uma ferramenta de ACV [3]. Outro método inerte de troca de dados consiste na exportação do mapa de quantidades (MQT) para um ficheiro Excel. Adicionalmente, outra forma de interoperabilidade diz respeito aos dados contidos nos objetos BIM, que podem incluir dados de ACV e ser automaticamente substituídos por soluções específicas em *software* proprietário.

Em contraste, a abordagem dinâmica visa estabelecer uma troca contínua e bidirecional de informação [3]. Neste fluxo de trabalho, qualquer modificação no modelo BIM desencadeia automaticamente uma atualização dos resultados de ACV. Isto permite um processo de projeto iterativo e fornece feedback em tempo real no ecossistema BIM [3], apoiando decisões de projeto informadas e sustentáveis. No entanto, esta abordagem é específica de *software*, recorrendo ao mapeamento automático de materiais, elementos e objetos através das ferramentas disponíveis [4].

Esta análise revela que a maioria das normas trata a digitalização e a sustentabilidade de forma separada, reforçando a necessidade de um enquadramento metodológico unificado que permita a sua operacionalização conjunta. Este processo pode ser significativamente melhorado através da implementação de IDS, garantindo que os ficheiros IFC exportados cumprem normas de dados previamente definidas. Consequentemente, a consistência dos dados é reforçada e as atualizações do modelo são simplificadas. Alternativamente, a interoperabilidade pode também ser facilitada através da utilização de convenções de nomenclatura estruturadas, como a ligação de sistemas de classificação da construção ou identificadores descritivos aos elementos correspondentes nas bases de dados de ACV. A resposta a estes desafios requer uma estratégia global de gestão da informação suportada por normas abertas, que constitui precisamente a premissa do enquadramento metodológico proposto neste artigo.

O *Open BIM* oferece flexibilidade para adaptar fluxos de trabalho, apoiando, em última análise, a integração de soluções de ACV otimizadas ao longo do processo de projeto e a sua

manutenção em BIM ao longo do ciclo de vida do edifício. É necessária uma estrutura de verificação da conformidade do modelo BIM para a utilização de ACV em *Open BIM*, lacuna que este estudo pretende colmatar. A questão de investigação abordada neste artigo é: “Como garantir a qualidade dos dados para ACV num contexto *Open BIM*?”.

2. Enquadramento e caminho para *Open BIM*

De acordo com a BuildingSMART, o IDS permite ter especificações obrigatórias e facultativas, que devem ser incluídas num ficheiro IFC. Para que o enquadramento proposto auxilie os utilizadores na exportação de modelos para IFC em conformidade com os requisitos da IDS, é necessário desenvolver um mapeamento de dados para atributos de propriedades e identificação de entidades para a utilização da ACV e dos respetivos indicadores ambientais. Torna-se necessário utilizar parâmetros de exportação IFC, personalizando, consequentemente, configurações de exportação, templates e definições, incluindo indicadores ambientais.

Um ficheiro IFC padrão aberto no *software Revit* da *Autodesk* utiliza os seus parâmetros partilhados IFC por defeito. Para fins de ACV, é necessário considerar parâmetros partilhados adicionais para a realização desta análise. Através da utilização de conjuntos de propriedades personalizados (Figura 1), é possível exportar o modelo BIM para um ficheiro IFC que possa ser lido noutro ambiente de construção compatível com IFC, preservando a informação ambiental e os parâmetros partilhados de ACV criados e preenchidos com a ferramenta *Revit*. Durante a exportação, é fundamental considerar a tabela de mapeamento e o ficheiro de parâmetros partilhados que origina os parâmetros necessários para a análise (Figura 1). Para mapear importações e exportações através de um plugin, os critérios de mapeamento devem estar em conformidade com o ficheiro de parâmetros partilhados (Figura 1).

Após a exportação, o ficheiro IFC pode ser lido em qualquer *software* compatível com IFC, seja de código aberto ou proprietário. O modelo BIM, incluindo os parâmetros ambientais no ficheiro IFC, pode assim ser partilhado entre os diferentes intervenientes.

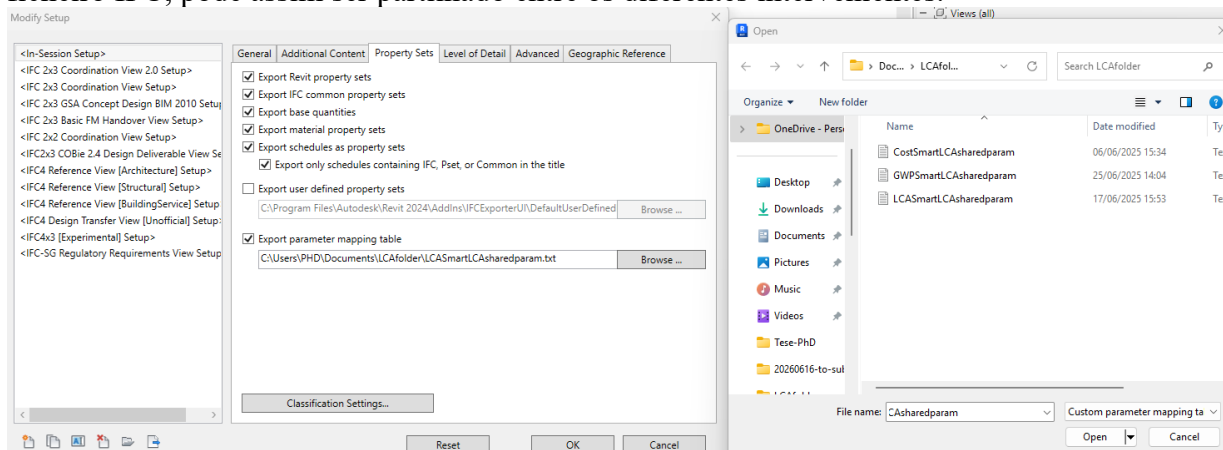


Figura 1: Exportação de propriedades IFC personalizadas.

2.1 Comparação da ACV entre abordagens baseadas em IFC e soluções específicas por plugin

Uma das vantagens dos fluxos de trabalho abertos baseados em IFC é a interoperabilidade entre diferentes *softwares*, permitindo a integração entre os intervenientes da arquitetura, engenharia

e construção (AEC) que utilizam ferramentas distintas para desenvolver os seus projetos. No entanto, a abordagem baseada em IFC é estática, permite a realização de uma ACV básica, limitada no que respeita à otimização contínua do projeto e ao apoio à tomada de decisão ao longo do processo.

Relativamente à utilização da ACV no contexto do desenvolvimento de soluções informáticas, a configuração da exportação IFC deve ser devidamente considerada e cumprir o fluxo de trabalho e o mapeamento definidos na subsecção anterior. Por outro lado, trata-se de uma abordagem estática que é suficiente para realizar a ACV, mas limitada quando o *software* é utilizado para estudar diferentes soluções e otimizar o projeto, bem como para comparar diferentes opções de materiais, nomeadamente no apoio à tomada de decisão enquanto o projeto evolui. Em contraste, uma solução baseada em *software* apresenta um âmbito mais alargado: permite atualizar quantidades (MQT) e opções de projeto em tempo real, suportando uma otimização contínua e possibilitando atualizações automáticas em tempo real das opções de materiais, quantidades e soluções de projeto otimizadas.

3. Resultados e Discussão: percurso para a integração IFC e validação da IDS

Para a integração da utilização de IFC e ACV, devem ser seguidos os seguintes passos, caso o ficheiro IFC seja validado através de uma estrutura IDS: integrar os indicadores ambientais necessários (seguindo a estrutura IDS proposta nas Tabelas 1 e 2 relativamente à nomenclatura e convenções); configurar as definições de exportação IFC (conforme ilustrado na Figura 1) para incluir dados ambientais; definir os critérios de mapeamento para importação/exportação IFC; permitir que o plugin BIM leia ficheiros IFC; criar parâmetros de indicadores ambientais; e ler o MQT a partir do ficheiro IFC.

Tabela 1 – Proposta IDS para o uso de ACV e integração em objetos e materiais BIM.

Objetos BIM Acrónimo, Fase ACV	Materiais (M) BIM (Prefix M_) M_acronim o_fase ACV	Incluído Na Building Smart	Proposta IDS	Unidade Funcional	Proposta IDS para unidade funcional
ADP _f	M_AD _{Pf}	Não Incluído	<name>AD Pf</name>	MJ	<unit>MJ</unit></ property>
ADPE	M_ADPE		<name>AD PE</name>	kg Sb eq.	<unit>kgSbeq</u nit> </property>
AP	M_AP	<Name>Atmospheric AcidificationPerUnit	<name>AP </name>	mol H+ eq.	<unit>molH+eq</ unit> </property>
Ep _f	M_Ep _f	<Name>Eutrophication PerUnit	<name>EP _f </name>	kg P eq.	<unit>kgPeq</uni t> </property>
Epm	M_Epm	Não Incluído	<name>EP m</name>	kg N eq.	<unit>kgNeq</un it> </property>
Ept	M_Ept		<name>EP _t </name>	mol N eq.	<unit>molNeq</u nit> </property>

Objetos BIM Acrónimo, Fase ACV	Materiais BIM (M) BIM (Prefix M_) M_acronim o_fase ACV	Incluído Na Building Smart	Proposta IDS	Unidade Funcional	Proposta IDS para unidade funcional
ODP	M_ODP	<Name>StratosphericO zoneLayerDestructionP erUnit	<name>OD P</name>	kg CFC-11 eq.	<unit>kgCFC11 eq</unit> </property>
POCP	M_POCP	<Name>Photochemical Ozone FormationPerUnit	<name>PO CP</name>	kg NMVOC eq.	<unit>kgNMVO Ceq</unit> </property>
WDP	M_WDP	<Name>WaterConsum ption PerUnit	<name>WD P</name>	m³	<unit>m3worldeq </unit> </property>
GWPt	M_GWPt	<Name>ClimateChang ePerUnit	<name>GW Pt</name>	kg CO ₂ eq.	<unit>kgCO2eq</ unit> </property>
GWPf	M_GWPf	Não Incluído	<name>GW Pf</name>		
GWPb	M_GWPb		<name>GW Pb</name>		
GWPl	M_GWPl		<name>GW Pl</name>		
PERT	M_PERT	<Name>RenewableEne rgy ConsumptionPerUnit	<name>PE RT</name>	MJ, net calorific value	<unit>MJ</unit> </property>
PENRT	M_PENRT	<Name>NonRenewable EnergyConsumptionPer Unit	<name>PE NRT</nam e>		

3.1 Como pode um IFC ser configurado para ACV?

Em primeiro lugar, devem ser definidos os critérios de configuração da exportação do ficheiro nativo para IFC (Figura 1), incluindo os critérios de mapeamento estabelecidos no ficheiro de parâmetros partilhados. Em seguida, o ficheiro IFC deve ser associado a um *software* compatível, neste estudo, os *softwares* utilizados foram o *Revit* da *Autodesk*, o *BIM Vision 3.03* e o *Open IFC 26.8*. O IFC foi ligado a um novo projeto no *Revit*, tendo sido possível visualizar as propriedades IFC importadas, incluindo os dados de ACV. Embora estes dados não sejam editáveis num ficheiro IFC nativo, tal limitação torna-os inadequados para a otimização de materiais ou para uma utilização dinâmica da ACV.

Para permitir a edição do modelo e dos dados de ACV, o IFC necessita de ser vinculado ao *software*. O passo seguinte consiste na conversão dos parâmetros de ACV presentes no IFC em parâmetros específicos de ACV utilizados pela ferramenta BIM-ACV. Para esse efeito, foi desenvolvida uma ferramenta adicional designada *IFC Mapper*, que permite a conversão dos parâmetros em propriedades dos objetos BIM, utilizando a convenção de nomenclatura adotada para fins de ACV. O mapeamento e a conversão dos parâmetros nativos do IFC para os

parâmetros de ACV reconhecidos pela ferramenta são essenciais para que o plugin consiga identificar corretamente os objetos BIM.

Tabela 2: Fases ACV em BIM - Exemplo ADPf.

Fases ACV		Objetos BIM (Acrónimo e Fase CV)	Materiais (M) BIM (Prefix M_) M_acronimo_fase CV	Proposta IDS	Proposta IDS para unidade funcional
Produção	A1-A3	ADPf_A1-A3	M_ADPf_A1-A3	<name>ADPf_A1-A3</name>	<unit>MJ</unit></property>
Construção	A4-A5	ADPf_A4-A5	M_ADPf_A4-A5	<name>ADPf_A4-A5</name>	
Utilização	B	ADPf_B	M_ADPf_B	<name>ADPf_B</name>	
Fim de Vida	C	ADPf_C	M_ADPf_C	<name>ADPf_C</name>	
Além dos limites do sistema	D	ADPf_D	M_ADPf_D	<name>ADPf_D</name>	

Uma das limitações do enquadramento IFC nativo no *Revit* 2024 é o facto de o IFC permitir a leitura dos objetos BIM, mas não das camadas de materiais; por esta razão, o impacte ambiental de cada material que constitui um objeto BIM do tipo parede é considerado nulo. Consequentemente, para efeitos de otimização utilizando ficheiros IFC, o objeto BIM deve apresentar um impacte global agregado relativo a todos os materiais que o constituem. Em alternativa, devem ser definidos e especificados critérios de modelação no Plano de Execução BIM (BEP), como a modelação individual de cada material. No BEP, o *software* a utilizar deve também ser explicitamente especificado. O formato IFC não é exceção e deve igualmente ser definido, uma vez que diferentes leitores IFC disponibilizam funcionalidades distintas. Em conjunto com o BEP e as especificações de *software*, diferentes aplicações BIM podem permitir diferentes níveis de informação necessária [7] relativamente às camadas de materiais. O comportamento observado no *Revit* não é universal. Por exemplo, o *BIM Vision 3.03* permite a visualização das propriedades das camadas de materiais. Este aspeto reforça a importância de uma especificação detalhada no BEP.

3.2 Desenvolvimento da especificação de entrega de informação (IDS) para ACV

Esta secção pretende colmatar a lacuna existente na interoperabilidade entre formatos abertos e a ACV, através da validação do modelo com base no IDS. As Tabelas 1 e 2 apresentam as entradas IDS propostas utilizando notação XML (com etiquetas que representam elementos do esquema) para as propriedades dos indicadores ambientais. A Tabela 1 apresenta os indicadores ambientais necessários para a ACV com os respetivos acrónimos para aplicação em objetos BIM. A segunda coluna apresenta o acrónimo com o prefix “M_” que deve ser utilizado quando o indicador ambiental se aplica a materiais. A terceira coluna apresenta uma revisão dos indicadores ambientais já considerados pela BuildingSMART [5], demonstrando a ausência de indicadores ambientais nucleares, tais como ADP, EPf, EPm, EPt, GWPf, GWPb e GWPl, em

conformidade com a EN 15804:2012+A2:2019/AC:2021 [6]. Na quarta coluna inclui-se a proposta IDS para ACV, na quinta coluna a unidade funcional correspondente de cada indicador ambiental utilizado para a realização dos cálculos ACV, e na última coluna o seu IDS.

A Tabela 2 é um exemplo de ACV para o indicador ambiental Potencial de Depleção de Recursos Abióticos (ADP) - ADP para combustíveis fósseis (ADPf) dividido pelas diferentes fases do ciclo de vida e com a proposta de integração em IDS: apresenta a proposta de acrónimo do indicador de ACV por fase da ACV para integração na IDS.

A Figura 2 apresenta o fluxo de trabalho para o desenvolvimento do IDS para integração da utilização de ACV, incluindo entidades IFC nativas, como *IfcWall* (paredes) e *IfcFloor* (pavimentos). A fase da ACV deve ser considerada, e as propriedades IFC propostas contemplam tanto o acrónimo do indicador ambiental de ACV como a fase da ACV.

Os requisitos de informação, Nível de Informação Necessário, à presente estruturação, foram desenvolvidos na publicação alargada anterior [7] dos mesmos autores.

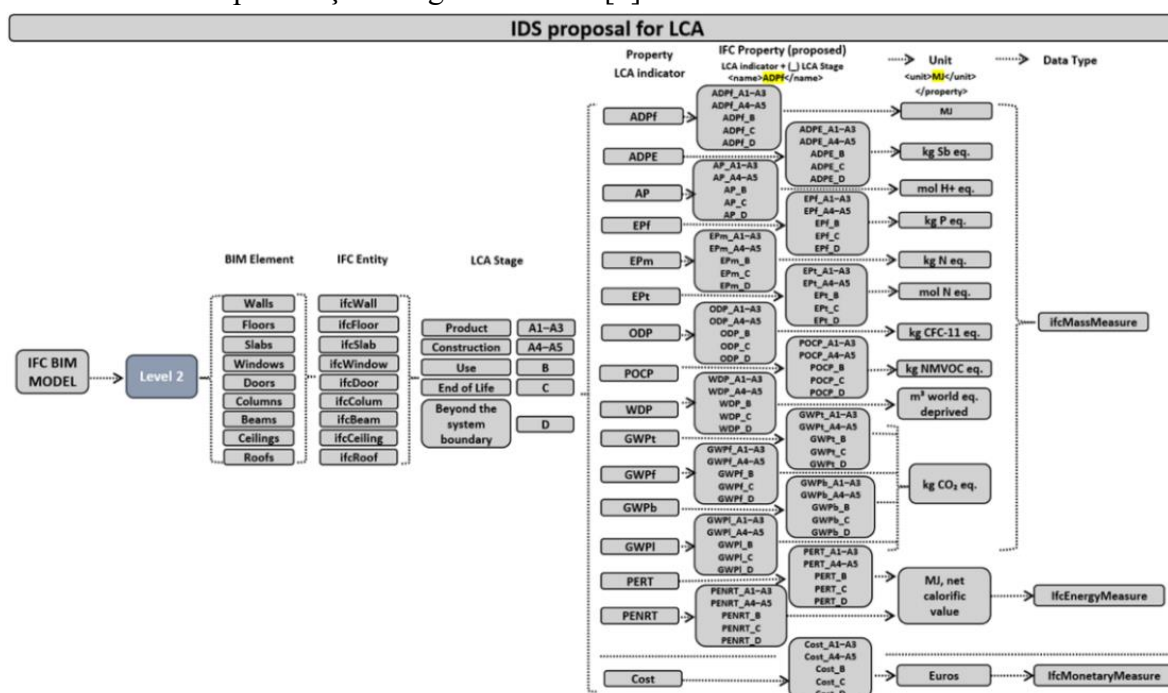


Figura 2 – Proposta de IDS para o uso de ACV.

É fundamental definir a unidade de medida e o tipo de dados de cada propriedade, como *IfcMassMeasure* para ADPf, ADP para não fósseis, minerais e metais (ADPE), Potencial de Acidificação (AP), Potencial de Eutrofização (EP), EP fração dos nutrientes que chegam ao compartimento final de água doce (EPf), EP fração de nutrientes que atingem o compartimento final marinho (EPm), EP excedência acumulada EP terrestre (EPt), Potencial de depleção da camada de ozono (ODP), Potencial de oxidação fotoquímica (POCP), Potencial de privação de água (do usuário), consumo de água ponderado pela privação (WDP), Potencial de Aquecimento Global (GWP), GWP total (GWPt), GWP fóssil (GWPf), GWP biogénico (GWPb), GWP uso do solo (GWPI). Os indicadores de Energia incorporada, Utilização total de recursos energéticos primários renováveis (PERT) e utilização total de recursos energéticos primários não renováveis (PENRT) utilizam o tipo de dados *IfcEnergyMeasure*. O custo apresenta o tipo de dados *IfcMonetaryMeasure*.

A proposta de IDS para avaliação da qualidade dos dados e do modelo para fins de ACV foi assim desenvolvida, incluindo a proposta de código para um relatório IDS com utilização em ACV. O fluxo de trabalho consiste na disponibilização da IDS para validação do modelo em *software Open BIM* compatível com IFC. Subsequentemente, o ficheiro IFC pode ser importado para qualquer *software* compatível com IFC, incluindo ferramentas específicas de ACV para análise.

O *software* utilizado para verificar o ficheiro IFC foi o *Open IFC Viewer 26.8*. A Figura 3 apresenta o ficheiro IFC aberto, mantendo os indicadores ambientais necessários para a realização da ACV com os dados incluídos. Este constitui um exemplo de uma estrutura IDS desenvolvida para validar um modelo arquitetónico (Figura 3). O ficheiro IDS foi aplicado no *Open IFC* a um caso de estudo de um edifício de escritórios no complexo de um aeroporto internacional fornecido pela empresa Quadrante e a validação do modelo foi realizada. A Figura 3 demonstra que o ficheiro IFC cumpre a estrutura de dados de ACV proposta, permitindo que o modelo IFC do caso de estudo seja utilizado para a realização da ACV.

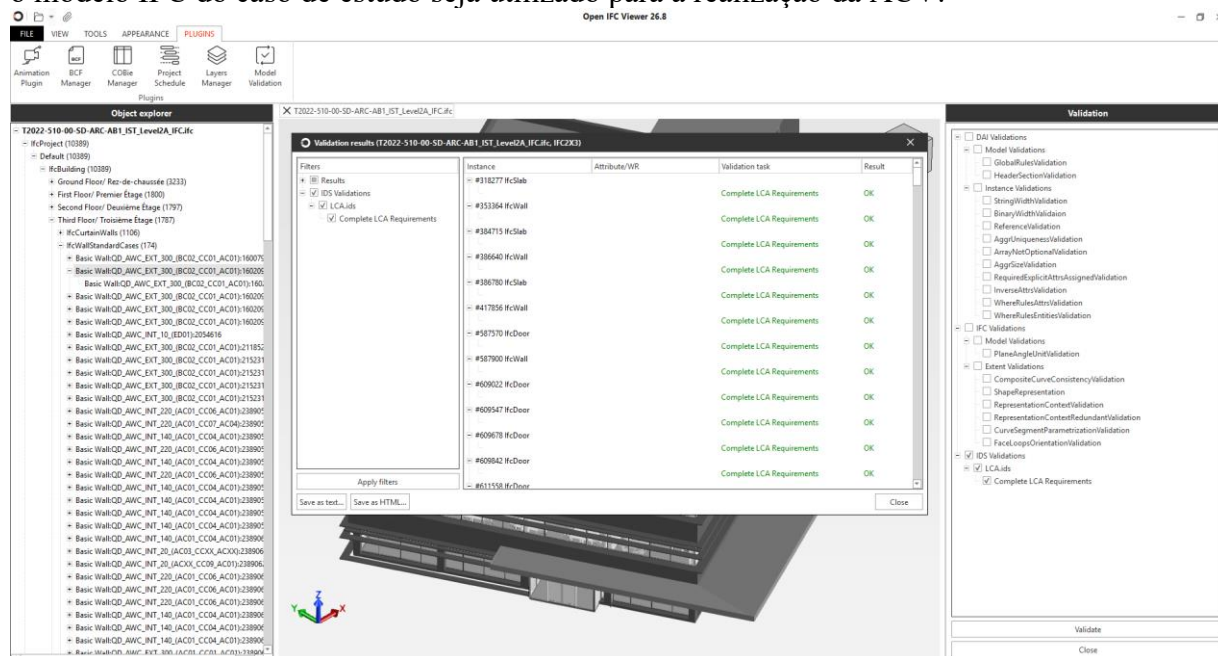


Figure 3 – Ficheiro IFC de validação do modelo através de uma estrutura de dados IDS. O *software* utilizado foi o *Open IFC*.

3.3 Síntese e limitações

A ACV de edifícios é sensível à composição dos objetos e materiais BIM (camadas, densidade, espessura, substituição). Um IDS pode verificar a existência e preenchimento de parâmetros, mas a nível de requisitos de troca de informação (EIR) e regras de modelação continuam dependentes do definido no EIR e BEP. A qualidade depende assim do conjunto da governança, modelação e validação IDS, não se sobrepondo assim ao estabelecido no BEP e EIR no que diz respeito à governança de dados, nem à metodologia ACV [6], nem invalidando o controlo de qualidade das fontes Declarações Ambientais de Produto (DAP), e mantendo assim a sua função de apoio IDS à validação dos IFC para o uso ACV.

O presente artigo apresenta uma prova de conceito, sugerindo-se a continuação do trabalho e a sua generalização em trabalhos futuros, tanto de diferentes casos de estudo como escalas, tipologias e alargamento das análises a diferentes softwares.

O uso de um IDS ajuda na entrega e verificação dos dados, mas é limitado quanto ao feedback contínuo e otimização ambiental que continua a ser efetuada em softwares proprietários. Em conclusão, o objetivo principal do artigo consiste na governança e troca interoperável, enquanto outras publicações dos mesmos autores exploram a otimização interativa em tempo real [4,7]. Embora o IFC estar em conformidade com a estrutura de dados IDS seja condição necessária para a ACV, conforme se concluiu neste artigo, não dispensa que, para uma ACV rigorosa, se cumpram critérios adicionais. Para tal é necessário confirmar a veracidade dos valores, tanto em termos da própria DAP como da sua atribuição ao material correto.

O mapeamento e os critérios para a interoperabilidade IFC estão assim garantidos, mas dependentes desta estrutura IDS para o seu correto funcionamento. Em conclusão, o IDS é interoperável em IFC e o plugin para a otimização é específico. Sendo o IDS agnóstico, a implementação do preenchimento/ mapeamentos foi demonstrado em Revit, recomendando-se para desenvolvimentos futuros que a experiência seja replicada utilizando exportadores para diferentes *softwares* BIM e utilizando o mesmo ficheiro IDS para outros projetos em IFC. Destaca-se também que o IDS tem na sua base uma limitação estrutural importante: foca-se na informação “alfanumérica” (propriedades, quantidades, classificações, materiais e relações) mas não abrange aspetos geométricos. Em conclusão, se a ACV depende de quantidades derivadas da geometria, o IDS pode exigir que existam quantidades ou dados, mas não prova que a geometria está correta.

4. Conclusões

Este estudo evidencia a importância do *Open BIM* e dos princípios fundamentais da interoperabilidade de *software* entre os intervenientes e projetistas do setor AEC. O IDS introduz regras de validação partilhadas que asseguram a precisão semântica. A sua integração transforma os modelos BIM em sistemas de informação governáveis, capazes de suportar a automatização da ACV. A principal contribuição desta comunicação reside na promoção de um enquadramento replicável que pode ser utilizado em diferentes *softwares* para validar modelos para utilização em ACV. Desta forma, a integração BIM-ACV não fica dependente de um *software* específico, o que poderia constituir uma limitação na prossecução de objetivos ambientais para o projeto sustentável de edifícios.

Este estudo reforça o papel crítico do *Open BIM* e das estruturas de dados normalizadas na obtenção de uma integração BIM-ACV fiável em diferentes ambientes de *software*. Ao propor um enquadramento baseado em IDS, demonstra-se como regras de validação do modelo, parâmetros partilhados e configurações de exportação IFC podem garantir que os modelos BIM incluem os indicadores ambientais necessários para a ACV. Os resultados demonstram que o IDS suporta a verificação automática da qualidade, melhora a consistência semântica e reforça a interoperabilidade entre os intervenientes AEC. A abordagem proposta é independente de *software*, permitindo fluxos de trabalho sustentáveis mais transparentes e replicáveis.

Este estudo estabelece igualmente um percurso para o *Open BIM*, definindo configurações de exportação IFC conformes e critérios de mapeamento que contribuem para uma estrutura IDS destinada à validação de modelos ACV em diferentes *softwares* utilizados pelos intervenientes AEC. A questão de investigação “Como garantir a qualidade dos dados para ACV num contexto

Open BIM?” e a hipótese formulada no documento assentam numa base de dados ACV estruturada segundo IDS, em conformidade com critérios de mapeamento para utilização em ACV.

A interoperabilidade do BIM entre diferentes programas de *software* constitui um desafio. No contexto do BIM-ACV e do enquadramento desenvolvido com a estrutura IDS, o objetivo é verificar a qualidade dos modelos, assegurando a inclusão dos parâmetros necessários para a ACV. Quando os parâmetros do projeto estão devidamente estruturados, a interoperabilidade entre *softwares* BIM torna-se mais fluida, contribuindo para o *Open BIM* e para a replicabilidade do enquadramento. Desta forma, pode apoiar os profissionais AEC no cumprimento de objetivos regulamentares e de sustentabilidade. Este estudo contribui ainda para o *Open BIM* ao propor critérios de mapeamento para ACV e uma estrutura IDS-ACV para validação. Recomenda-se, como desenvolvimento futuro, disseminar e testar a estrutura IDS em mais projetos e junto dos intervenientes AEC, reforçando a sua adoção e contribuindo para práticas de projeto sustentável mais eficazes e baseadas em dados.

Financiamento

Os autores agradecem o apoio a este trabalho por parte do CERIS, do IST, da Universidade de Lisboa, e da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), no âmbito da referência UI/BD/153398/2022 e do identificador DOI <https://doi.org/10.54499/UI/BD/153398/2022>, relativo à bolsa de investigação do primeiro autor. Esta investigação foi financiada pela FCT, I.P. (FCT, <https://ror.org/00snfq58>), ao abrigo do financiamento UID/06438/2025 (<https://doi.org/10.54499/UID/06438/2025>) da unidade de investigação CERIS. Para efeitos de Acesso Aberto, os autores aplicam uma licença pública CC-BY a qualquer versão do *Author's Accepted Manuscript* (AAM) resultante desta submissão. Os autores gostariam de agradecer à Quadrante o caso de estudo onde foi possível testar e validar os conteúdos deste artigo.

Referências

- [1] Building SMART, (2024). <https://ifc43-docs.standards.buildingsmart.org/>. Accessed on 17/07/2025.
- [2] ISO 16739-1:2024 (en), (2024). Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries - Part 1: Data schema. European Standard.
- [3] Parece, S., Resende, R., Rato, V. (2025). BIM-based life cycle assessment: A systematic review on automation and decision-making during design. *Building and Environment*, Elsevier. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2025.113248>.
- [4] Ferreira, M. T., Costa, A. A., Silvestre, J. (2025a). Environmental optimization and benchmarking of walls through a BIM plugin, *Architectural Engineering and Design Management*, Taylor & Francis. DOI:10.1080/17452007.2024.2448811.
- [5] https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4/ADD2_TC1/HTML/schema/ifcproductextension/pset/pset_environmentalimpactvalues.htm IFC4_ADD2_TC1 - 4.0.2.1 [Official], 5.4.4.11 Pset_EnvironmentalImpactValues. (Standards building smart, 2025), accessed on 09/07/2025.
- [6] EN 15804:2012+A2:2019/AC:2021, (2019/2021). Sustainability of construction works – Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products.
- [7] Ferreira, M. T., Costa, A. A., Silvestre, J. (2025b). Integrating Life Cycle Assessment and Building Information Modelling: A Purpose-Driven Approach. *Journal of Building Engineering*, Elsevier. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2025.115006>.