

# Análise da interoperabilidade aplicada ao projeto BIM de Estruturas Metálicas

MARCO ROMEU BAPTISTA DE ALMEIDA

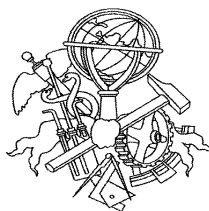
Outubro de 2015

# Tecnologia BIM aplicada ao Projeto de Estruturas Metálicas

Marco Romeu Baptista de Almeida

Dissertação submetida para a obtenção do grau de Mestre em  
Engenharia Mecânica – Ramo de Construções Mecânicas

Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Departamento de Engenharia Mecânica



15 de outubro de 2015



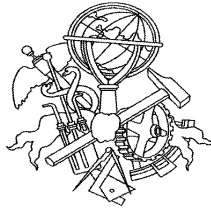
Relatório da Unidade Curricular de Dissertação/Projeto/Estágio do 2.º ano do Mestrado em  
Engenharia Mecânica

Candidato: Marco Romeu Baptista de Almeida, N.º 1110079, 1110079@isep.ipp.pt

Orientação Científica: Rodrigo Falcão Moreira, rem@isep.ipp.pt

Mestrado em Engenharia Mecânica  
Departamento de Engenharia Mecânica

Instituto Superior de Engenharia do Porto



15 de outubro de 2015



*À minha namorada e à minha Avó...*



## *Agradecimentos*

Ao longo desta minha caminhada foram várias as pessoas que me apoiaram. Desta forma, deixo aqui, de modo simples, um sincero agradecimento por tudo o que fizeram.

Ao meu orientador, o Professor Rodrigo Falcão Moreira, um agradecimento pela disponibilidade demonstrada, pelo interesse no tema e o apoio que manifestou ao longo destes meses.

Ao Professor João Poças Martins da FEUP, um sincero agradecimento por todo o apoio, pelas diferentes opiniões e ideias a desenvolver e sobretudo pelo seu entusiasmo relativamente ao tema abordado.

À minha namorada, pelo apoio incondicional e compreensão nos momentos mais difíceis deste percurso. Pelo amor e amizade, pelas palavras de motivação e pela paciência que sempre demonstrou.

Aos meus amigos e colegas de curso, em particular ao André, ao Filipe, ao Sandro e à carinhosamente apelidada “malta do ISEP”, que nos últimos anos deste percurso que agora termina foram um apoio essencial.

Por fim, à minha família, em especial aos meus pais, por me terem proporcionado uma formação académica e pela forma como contribuíram para a minha formação enquanto pessoa, ajudando-me em todos os momentos.



## *Resumo*

O BIM – Building Information Modeling – é um conceito de controlo e gestão de informação desenvolvida, entre diferentes especialidades e intervenientes envolventes, durante o ciclo de vida das construções. A utilização das tecnologias BIM, no ramo da Engenharia Mecânica e Civil, tem sido uma aposta constante, e cada vez mais concisa, nos projetos de construção. A justificação para a adoção destas metodologias mais eficientes, em substituição dos processos convencionais, prende-se com o facto desses processos convencionais, ainda hoje, apresentarem muitas dificuldades e problemas associados, por exemplo, à falta de comunicação entre os intervenientes e ao ineficiente controlo na gestão de projetos.

O objetivo desta dissertação centra-se na análise da interoperabilidade de softwares BIM, ou seja, na verificação da viabilidade de exportação de dados dos modelos produzidos, entre as ferramentas BIM. Para este campo de ação contribuirá a análise da passagem de informação, relativa ao modelo de uma Nave Industrial modelada, em alguns dos softwares BIM, correntemente mais utilizados.

O conhecimento adquirido com a modelação do caso de estudo do presente trabalho irá permitir identificar algumas lacunas existentes ao nível da falta de recomendações práticas que sirvam de orientação na modelação recorrendo a ferramentas informáticas BIM-compatíveis. Assim, a base deste trabalho consiste na criação de uma série de recomendações ou de um roteiro de modelação em específico para a disciplina de estruturas enquanto área de aplicação concreta do estudo efetuado.

Nesse sentido, a proposta deste trabalho é de apresentar alguns critérios de modelação onde são definidos os elementos a modelar em cada fase do projeto.

**Palavras-Chave:** Building Information Modeling (BIM); Análise de interoperabilidade, LOD, Níveis de Desenvolvimento.



## *Abstract*

The concept of BIM – Building Information Modeling – is a process of monitoring and management of all information created and developed, between various specialties and engaging stakeholders, during the life cycle of buildings. The use of BIM technologies in the field of Mechanical and Civil Engineering, has been a constant focus in construction projects, being that, there are many studies that attempt to exploit your concept and its potential. The justification for the adoption of these more efficient methods, relates to the fact that the conventional processes, still today, present many difficulties and problems associated with, for example, the lack communication between stakeholders and inefficient control in management of projects.

The objective of this dissertation focuses on reviewing the interoperability of BIM software, i.e. the verification of the data export viability of models produced between the BIM tools. For this field of action will contribute to analysis of the passage of information on the model of an industrial building modeled in some of BIM software, more commonly used.

The experience gained from the modelling case of study allowed the identification of some gaps in modelling rules that guide modelling using computer BIM capable tools. So the basis of this work is to create a series of recommendations and a roadmap for modelling, specific to the study conducted in structures discipline

So the basis of this work is to create a series of recommendations and a roadmap for modelling, specific to the study conducted in structures discipline.

**Keywords:** Building Information Modelling (BIM); Analysis of interoperability, LOD Level of Development.



## *Résumé*

Le concept BIM - Building Information Modeling - est un concept qui développé le contrôle et la gestion de l'information entre les différentes spécialités et engagement des parties prenantes au cours du cycle de vie de la construction. L'utilisation de la technologie BIM dans le domaine de la génie mécanique et civil, ont été un pari constant, et de plus en plus concise dans des projets de construction, et, il ya de nombreuses études qui tentent d'exploiter avec diligence son concept et de son potentiel. La justification de l'adoption de ces méthodes plus efficaces, aujourd'hui, présentent de nombreuses difficultés et les problèmes associés avec, par exemple, le manque de communication entre les intervenants et inefficace contrôle de la gestion de projet.

L'objectif de cette mise au point de dissertation sur la analyse de l'interopérabilité des logiciels BIM, à savoir la vérification de la viabilité de l'exportation de données de modèles produits entre les outils BIM. Pour ce champ d'action va contribuer à l'analyse du passage des informations sur le modèle du pavillon industrielle modélisée dans certains des logiciels BIM, plus communément utilisé.

Les connaissances acquises à partir de la modélisation du cas de cette étude de recherche a identifié un certain nombre de lacunes en termes de manque pratique pour servir de guide dans la modélisation utilisant des outils logiciels BIM-compatible. Ainsi, la base de ce travail est de créer une série de recommandations ou d'un script dans la modélisation spécifique à la discipline des structures comme un domaine concret d'application de l'étude réalisée.

En ce sens, l'objectif de ce document présente quelques critères de modélisation où les éléments pour modéliser chaque phase du projet sont définis.

### *Mots-clés*

Building Information Modeling (BIM); Analyse de l'interopérabilité, Lod, de niveau de développement

## Índice

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>VII</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>X</b>
<b>RÉSUMÉ</b> .....	<b>XII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>XV</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b> .....	<b>XVII</b>
<b>NOMENCLATURA</b> .....	<b>XIX</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	1
1.2. OBJETIVOS.....	3
1.3. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO .....	4
<b>2. ESTADO DA ARTE</b> .....	<b>5</b>
2.1. INTRODUÇÃO .....	5
2.2. BIM.....	7
2.3. FUNCIONALIDADES DO BIM .....	8
2.4. NORMAS PARA A UTILIZAÇÃO DO BIM .....	11
2.4.1 NORMA SINGAPORE BIM GUIDE 2013 VERSION 2.....	13
2.4.2 NORMA NATIONAL BIM STANDARD (NBIMS) – EUA .....	13
2.4.3 NORMA COBIM – FINLÂNDIA.....	14
2.4.4 NORMA AEC (UK) BIM PROTOCOL.....	15
2.4.5 NORMA GSA BIM GUIDES – EUA.....	16
2.4.6 NORMAS NORUEGUESAS .....	16
2.4.7 NORMAS CANADIANA AECCO COMMUNITY .....	17
2.4.8 NORMALIZAÇÃO EM PORTUGAL .....	18
2.5. INTEROPERABILIDADE .....	19
2.5.1 BUILDINGSMART E OPENBIM.....	21
2.5.2 FORMATO IFC - INDUSTRY FOUNDATION CLASSES .....	21
2.5.3 FORMATO BCF - BIM COLLABORATION FORMAT.....	24
2.5.4 FORMATO IFD - INTERNATIONAL FRAMEWORK FOR DICTIONNARIES .....	25
2.5.5 FORMATO IDM - INFORMATION DELIVERY MANUALS .....	26
2.5.6 FORMATO COBIE .....	26
2.5.7 FORMATO SDNF (STEEL DETAILING NEUTRAL FORMAT).....	27
2.5.8 FORMATO CIS/2 (CIMSTEEL INTEGRATION STANDARDS).....	27
2.5.9 UNICLASS E OMNICLASS.....	28
2.5.10 FORMATO CITYGML - CITY GEOGRAPHY MARKUP LANGUAGE.....	28
2.5.11 FORMATO GBXML - GREEN BUILDING XML.....	29
2.5.12 FORMATO LANDXML .....	30
2.5.13 FORMATO PDFE 3DPDF .....	30
2.5.14 PROGRAMAÇÃO E PLUGINS .....	31

2.6	LOD (LEVEL OF DEVELOPMENT) – NÍVEIS DE DESENVOLVIMENTO.....	32
<b>3</b>	<b>MODELO CASO DE ESTUDO.....</b>	<b>36</b>
3.1	INTRODUÇÃO.....	36
3.2	ESTUDO DO MODELO NO ADVANCE STEEL.....	38
3.3	ADVANCE STEEL / ROBOT ANALYSIS (LOD 400).....	39
3.4	ADVANCE STEEL / ROBOT ANALYSIS (LOD 300).....	42
3.5	MODELAÇÃO DO MODELO EM CAD.....	45
3.6	INTEROPERABILIDADE DO MODELO EM CAD COM O AS2016.....	46
3.6.1	INTEROPERABILIDADE DO MODELO EM AS 2016 COM O RSA 2016.....	46
3.6.2	INTEROPERABILIDADE DO MODELO EM RSA 2016 COM O AS 2016.....	54
3.7	DESENVOLVIMENTO DO MODELO NO TEKLA 21.....	56
3.8	LISTAGEM DAS DIFICULDADES ENCONTRADAS.....	60
<b>4.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>63</b>
4.1	CONCLUSÕES.....	63
4.2	DESENVOLVIMENTOS FUTUROS.....	65
	<b>REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS.....</b>	<b>66</b>

## *Índice de Figuras*

Figura 1 – BIM – Building Information Modeling .....	6
Figura 2 – Níveis do BIM .....	7
Figura 3 – Dimensões do BIM .....	10
Figura 4 – Lifecycle Building Information Canadian AECO Community [25].....	18
Figura 5 – Formatos de Interoperabilidade .....	20
Figura 6 – IFC visão geral por especialidades e softwares .....	22
Figura 7 – Interoperabilidade IFC .....	23
Figura 8 – Evolução do IFC .....	23
Figura 9 – Interação 3D – IFC BIM.....	24
Figura 10 – BCF BIM Collaboration Format.....	25
Figura 11 – Aparência de um arquivo Cobie (aecmag.com, imagem).....	27
Figura 12 – CityGML.....	29
Figura 13 – gbXML .....	29
Figura 14 – Interoperabilidade com PDF 2D e 3D .....	31
Figura 15 – LOD's.....	32
Figura 16 – LOD 300 .....	33
Figura 17 – LOD 350 .....	34
Figura 18 – LOD 400 .....	34
Figura 19 – Representação gráfica dos níveis de LOD .....	35
Figura 20 – Fluxo de trabalho AS 2016 vs RSA 2016.....	36
Figura 21 – AS 2016 – Vista geral do modelo.....	38
Figura 22 – AS2016 – Vista dos pórticos e travamentos .....	38
Figura 23 – AS 2016 – Vista das ligações .....	39
Figura 24 – RSA 2016 – Vista geral do Modelo Importado. ....	41
Figura 25 – Advance Steel 2016 – Visão geral do Modelo em LOD 300.....	42
Figura 26 – Advance Steel – Visão parcial dos elementos .....	42
Figura 27 – Advance Steel 2016 – Elementos de ligação .....	43
Figura 28 – RSA 2016 – Visão geral do modelo LOD 300 .....	43
Figura 29 – Visão parcial dos elementos .....	44
Figura 30 – RSA 2016 – Elementos de ligação.....	44
Figura 31 – Fluxo de trabalho – Autocad, AS 2016, RSA 2016.....	45
Figura 32 – AutoCad 2016 – Linhas de eixo.....	46
Figura 33 – Advance Steel 2016 – Somente perfis .....	46
Figura 34 – Modelo Robot .....	47



Figura 35 – Pormenor Robot Structure Analysis .....	47
Figura 36 – Pormenor da orientação do UCS no Advance Steel .....	48
Figura 37 – Pormenor da orientação do UCS no RSA.....	49
Figura 38 – Pormenor da orientação do UCS no Advance Steel .....	49
Figura 39 – Pormenor da orientação do UCS no RSA.....	50
Figura 40 – Pormenor das cartelas realizadas no RSA após importação do Advance Steel .....	51
Figura 41 – Exemplo na indefinição das cartelas .....	51
Figura 42 – Aplicação de materias existentes do RSA no Modelo importado.....	52
Figura 43 – Outro exemplo na indefinição das cartelas .....	52
Figura 44 – Informação de elementos de viga após a importação. ....	53
Figura 45 – Conclusão do Modelo no RSA 2016 .....	54
Figura 46 – Modelo importado RSA 2016 para AS 2016.....	54
Figura 47 – Elementos descentrados após importação.....	55
Figura 48 – Reposicionamento dos elementos nos eixos .....	55
Figura 49 – Macro paramétrica .....	56
Figura 50 – Fluxo de trabalho Tekla vs. RSA 2016.....	56
Figura 51 – Modelo realizado no Tekla .....	57
Figura 52 – Pormenor dos elementos.....	57
Figura 53 – Modelo importado do Tekla 21 para o RSA 2016 no formato STP .....	58
Figura 54 – Pormenor da aplicação de cartela no RSA.....	59
Figura 55 – Modelo importado do RSA 2016 para o Tekla no formato .SDNF .....	60
Figura 56 – Modelo importado do RSA 2016 para o Tekla no formato .STP .....	60

## *Índice de Tabelas*

Tabela 1 - Adoção das tecnologias BIM .....	12
---	----



## *Nomenclatura*

AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção  
AIA – The American Institute of Architects  
BCA – Building Construction Authority  
BIM – Building Information Modeling  
BPM – Building Product Model  
bSa – buildingSMART alliance  
CAD – Computer Aided Design  
SBM – Statsbygg Building Modelling  
AISC – American Institute of Steel Construction  
COBie – Construction Operations Building Information Exchange  
EUA – Estados Unidos da América  
AECOO – Architecture, Engineering, Construction, Owners and Operations  
GSA – General Services Administration  
IDM – Information Delivery Manuals  
IPQ – Instituto Português da Qualidade  
GTBIM – Grupo de trabalho BIM  
IFC – Industry Foundation Classes  
APMEP – Associação Portuguesa dos Mercados Públicos  
BCF – BIM Collaboration Format  
LOD – Level of Development  
MDV – Model View Definitions  
MEP – Mechanical, Electrical and Plumbing  
NBIMS – National BIM Standard  
NIBS – National Intituite of Building Sciences  
CityGML – City Geography Markup Language  
XML – eXtensible Markup Language  
PDF – Portable Document Format  
IFD – International Framework for Dictionnaires  
PBS – Public Buildings Service  
UK – United Kingdom



# 1. Introdução

## 1.1. Considerações iniciais

As ferramentas digitais já estão amplamente presentes nos comércios da construção. No projeto, por exemplo, os arquitetos trabalham durante muito tempo com a representação em softwares 3D, os escritórios de engenharia têm aplicações de negócios cada vez mais poderosas para integrar um número crescente de parâmetros nas fases de projeto de engenharia. As próprias médias empresas estão equipadas com computadores e smartphones, desmaterializando assim a informação e o intercâmbio com os seus parceiros. Os gestores de património (gestor BIM), têm software sob medida que têm como função dar resposta às necessidades que surgem, nomeadamente ao nível da assistência técnica e manutenção.

O modelo digital é a grande inovação no setor digital. Com ele temos tido um impacto potencial sobre todos os comércios. É um avatar virtual, o qual contém ambas as propriedades geométricas e informações sobre a natureza de todos os objetos utilizados (composição, propriedades, etc.). Esta ferramenta está prestes a mudar profundamente todo o processo de construção. O conceito BIM ("Building Information Modeling") está a tornar-se o método de trabalho com base na colaboração em torno de um modelo digital. Este modelo é enriquecido com os contributos dos vários intervenientes sobre o trabalho, desde a conceção à construção, e receção no fim de vida. Permite, assim, que

todas as partes envolventes contenham uma melhor representação, antecipação, otimização e escolha, durante a vida da estrutura. [17]

As grandes companhias (Empresas, Arquitetos, Engenharia, Engenharia Industrial) usam cada vez mais esta nova ferramenta, que gradualmente se tornou, internacionalmente, inserida nos grandes projetos. Por outro lado, as pequenas empresas ainda a usam pouco, à exceção de alguns pioneiros que estão convencidos da sua relevância, nomeadamente em projetos atuais. Estas primeiras experiências são vistas com grande agrado e todos os seus utilizadores não pensam usar outra ferramenta. Na opinião de todos os especialistas, estas ferramentas acrescem potenciais ganhos muito significativos, tanto em produtividade (redução de tempo e custos) bem como melhora a qualidade dos projetos. Estes proveitos são esperados em novas construções assim como, na renovação de edifícios e gestão patrimonial durante a vida útil da estrutura. [17]

Internacionalmente, os esforços para desenvolver o BIM estão a tornar-se mais numerosos. A União Europeia mudou recentemente as orientações para os contratos públicos de forma a incentivar os Estados membros a usar ferramentas digitais. Este contexto é favorável para acelerar a sua distribuição. [17]

Apesar destes modelos de informação possuírem várias vantagens, a sua implementação não é universal dado que só é possível retirar o máximo proveito destes softwares se grande parte dos profissionais da construção os utilizarem.

A adoção desta tecnologia torna-se um passo relevante para o futuro visto que tem uma importância significativa no setor da construção, permitindo visualizar e prevenir erros que possam ocorrer durante a elaboração de uma obra.

No entanto, apesar da emergente utilização destes processos, não existem neste momento normas ou regras de boas práticas para a sua implementação em Portugal.

## 1.2. Objetivos

A presente dissertação pretende explorar o interface entre ferramentas de desenho paramétrico (BIM), especialmente vocacionadas para o projeto de estruturas metálicas, com ferramentas de análise estrutural baseadas no método de elementos finitos.

São bem conhecidas as dificuldades que surgem quando se tenta emparelhar aplicações desenvolvidas por fabricantes distintos, o que pode comprometer a eficiência do processo de projeto. Pretende-se desenvolver metodologias que permitam contornar as dificuldades que surgirem no caso de estudo definido.

O presente caso de estudo desta dissertação é baseado numa Nave Industrial modelada no software Advance Steel 2015 Autodesk (software BIM) , contendo um elevado grau de detalhe de preparação, nomeadamente toda a informação necessária para a execução de toda a documentação complementar, listagens de materiais, desenhos técnicos entre outros. Este Modelo de elevado rigor de informação, algo que é exigido aquando a realização de num projeto de estruturas metálicas, foi desenvolvido e gentilmente cedido pela empresa Lopes & Gomes.

A metodologia aplicada no caso de estudo consistiu no aproveitamento da estrutura metálica fornecida pela empresa Lopes & Gomes por forma a interagir com outro software de análise de elementos finitos que neste caso será o software Robot Structural Analysis da Autodesk, por forma a verificar as dificuldades inerentes na interoperabilidade entre os mesmos.

Assim sendo, o principal objetivo é fomentar a sensibilização da utilização da tecnologia BIM para melhorias de sucesso no futuro da construção de estruturas metálicas, aumentando a viabilidade e alargando os horizontes, as metas e objetivos da construção de estruturas metálicas.

Para tal objetivo, contribuirá o uso do software Advance Steel (Autodesk, 2016) (ferramenta BIM), Robot Structure Analysis (Autodesk, 2016) assim como do software Tekla Structures, na modelação e interoperabilidade entre softwares.

Este trabalho pretende ser um contributo para o desenvolvimento de um potencial documento, porventura semelhante aos que já se encontram redigidos noutros países, onde se incluam algumas regras de modelação.



### **1.3. Organização do relatório**

A estrutura da dissertação desenvolvida é feita em 4 capítulos.

**O primeiro capítulo** é a presente introdução onde se pretende fazer um enquadramento geral do tema a desenvolver e onde são referidos os objetivos a atingir.

**No segundo capítulo** apresenta-se o “BIM – Building Information Modeling” – é realizado o Estado de Arte relativo ao tema. Seguidamente, foi efetuada uma abordagem dos desenvolvimentos que têm sido levados a cabo em diversos países para a implementação de processos BIM no setor da arquitetura, engenharia e construção, sendo apresentadas uma série de normas ou diretrizes que têm por objetivo introduzir alguma coerência no setor quando os seus intervenientes decidam realizar os seus projetos utilizando processos BIM, assim como, a apresentação de alguns dos formatos BIM utilizados atualmente.

**O terceiro capítulo** faz referência ao Processo de Interoperabilidade do software Advance Steel; Robot Structure Analysis; Tekla Structures – é iniciado o desenvolvimento do caso de estudo através de um modelo de estrutura metálica pré concebido no software Advance Steel.

**O quarto capítulo** é o último da presente dissertação onde se apresenta uma síntese do trabalho desenvolvido, referindo as principais conclusões e possíveis desenvolvimentos futuros a realizar como forma de continuação do trabalho desenvolvido nesta dissertação.

## 2. Estado da arte

### 2.1. Introdução

Durante longa data era muito frequente a presença de erros graves na execução de um certo projeto, resultado da ineficaz comunicação entre os vários participantes nessas obras. Para que se diminuam esses problemas é necessário melhorar a comunicação entre especialistas e a partilha de informação.

Como tentativa de resposta a este problema surge o BIM. O BIM (Building Information Modeling) é uma tecnologia que permite aos seus utilizadores acederem e acrescentarem informações relevantes sobre o processo de construção. Representa uma nova maneira de representação, dentro dos sistemas CAD, porque permite não só a visualização em 3D, mas também a gestão de informação durante todo o ciclo de vida de um edifício.

O contexto económico e financeiro atual, adaptado com as intensas e contínuas evoluções tecnológicas, conduz as empresas de construção a fortes transformações a nível organizacional num intuito de uma gestão mais eficaz e minuciosa. A gestão de informação fíável e atualizada é fulcral para o desempenho global das empresas. A essencial finalidade da implementação de um sistema de informação para a construção é

garantir níveis de desempenho acrescidos e um aumento da produtividade no setor da construção.

“Atualmente, os trabalhos de construção atravessam uma tendência crescente para serem cada vez mais abrangentes, complexos e mecanizados. Ao mesmo tempo a informação produzida na construção aumenta em quantidade e exigência, obrigando a maiores cuidados na qualidade das peças e sua organização” [3].



Figura 1 – BIM – Building Information Modeling

O processo da construção é constituído por atividades que direcionam para o manuseamento da informação. A informação do processo construtivo essencial para o correto desenvolvimento do projeto é representada em desenhos, memórias descritivas, contratos, cadernos de encargos, etc.. A indústria da construção é uma engenharia munida de muitos documentos como suporte da atividade. Hoje em dia, os documentos de suporte da construção são elaborados e usados em formato digital, o que facilita a gestão documental da informação.

## 2.2. BIM

O BIM ("Building Information Modelling") é um método de trabalho baseado na colaboração em torno de um modelo digital. Num processo de projeto BIM, cada utilizador usa esse modelo de construção, originalmente projetado pelo arquiteto, e desenha informações que ele precisa para o seu trabalho. Por sua vez, “alimenta-se” o modelo com novas informações por forma a chegar-se ao objeto de construção final, perfeitamente representado virtualmente. O Modelo Digital é atualizado durante toda a vida da estrutura, desde a conceção à construção, da entrega até à sua desconstrução. O proprietário do edifício, portanto, tem um avatar virtual da obra, poderosa ferramenta de gestão e otimização em toda a vida do edifício. [17]

O BIM ideal, como método de partilha e alimentado por todas as especialidades num só modelo, é uma visão idealizada que poderá tornar-se realista dentro de vários anos. Por agora, este levanta muitas questões ainda sem resposta, nomeadamente em termos da responsabilidade legal das diversas partes interessadas. Na realidade, a transição para o BIM deve ser feita passo a passo. [17]

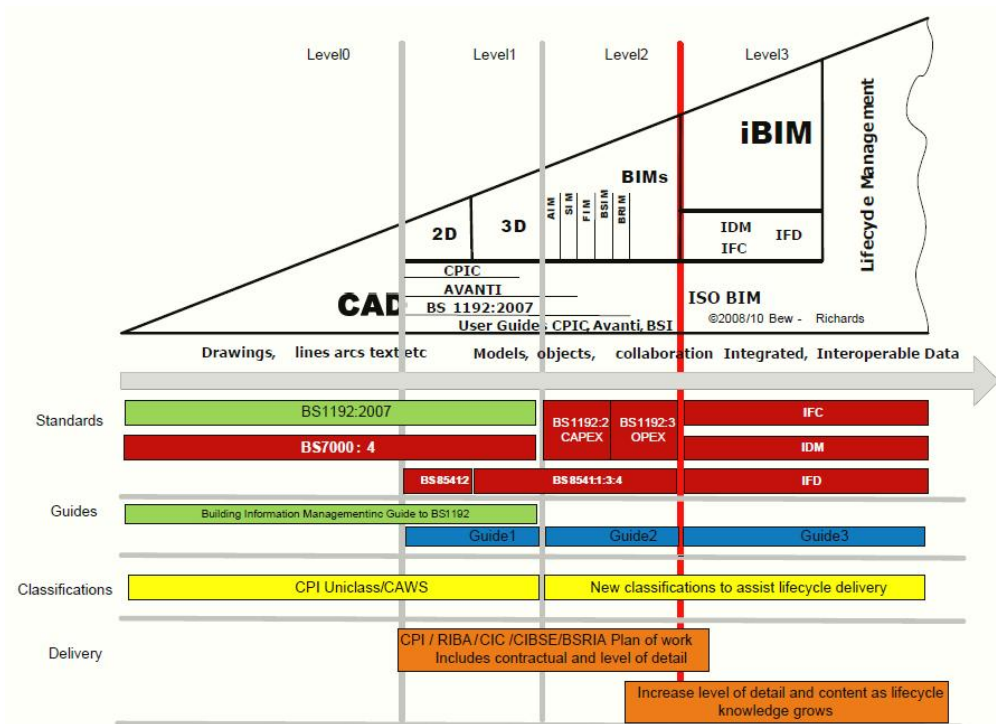


Figura 2 – Níveis do BIM

Existem três níveis de BIM:

O BIM **Nível 1** é a modelação de um modelo digital que é partilhado num único sentido num instante de tempo t.

BIM **Nível 2** corresponde a uma colaboração com base no modelo digital com um intercâmbio bilateral entre arquiteto, escritórios de design e empresas. O modelo deve ser a base de exportação, mas também integrar informações dos utilizadores (técnicos). Esta colaboração pode começar gradualmente com um ou dois utilizadores e, com o decorrer dos projetos e maturidade dos mesmos, serão acrescentados novos utilizadores, incorporando assim mais partes interessadas.

BIM **Nível 3** corresponde à utilização de um modelo digital e à sua repartição, através de uma rede para os vários utilizadores, que se pode ligar a qualquer momento ao modelo.

Este processo de engenharia "concorrente" levanta a questão da elaboração e atualização do modelo digital. A "Gestão BIM" torna-se uma característica central do projeto BIM. O "gerente BIM" não é um novo negócio, mas sim uma nova função, que pode ser fornecida por diversas partes interessadas do domínio do trabalho. [17]

O formato IFC (Industry Foundation Classes) é o modelo de dados usado em modelos digitais. Ele permite descrever objetos (paredes, janelas, espaços, mensagens, etc.), suas características e seus relacionamentos. A IFC é parte do padrão STEP internacional ou "Standard for Exchange of Product Data" (ISO 10303). Desde março de 2013, a IFC são rotulados ISO 16739. A IFC visam assegurar a interoperabilidade dos comércios de software BIM. [17]

### **2.3. Funcionalidades do BIM**

O BIM é uma revolução, que afeta todo o ciclo de vida de um edifício a partir do início das fases de planeamento das etapas, através das fases de conceção, construção, bem como da gestão e manutenção. Esta última fase é provavelmente a mais importante porque se observa o custo global de um edifício durante a sua vida útil, que representa entre 75 e 80%. Daí a necessidade de se mudar para um tipo de processo BIM por forma a minimizar os custos da produção assim como o da manutenção dos edifícios independentemente da sua dimensão. [20]

O BIM combina três termos-chave: Precisão, Reutilização e Acessibilidade.

"Precisão". Todos os modelos digitais, para cada uma das especialidades, fornecem informações precisas que podem então ser reexploradas para reduzir os custos de manutenção num projeto, por exemplo.

"Reutilização". Criar um modelo digital permite uma otimização da construção e uma melhoria na gestão de custos, não é um fim em si mesmo. Os dados também podem ser "alimentados" de volta por forma a otimizar a vida plena do edifício.

"Acessibilidade". O BIM é um processo digital desenvolvido tendo em conta a atualidade, nomeadamente com a existência da nuvem, permitindo o acesso e uma exploração de dados de construção em qualquer lugar e a qualquer hora.

### **BIM num processo colaborativo**

"BIM não é uma ferramenta de banco de dados ou um software especial, é acima de tudo um processo, é uma forma de colaborar entre todas as partes interessadas no projeto. Que trará a otimização em qualquer ponto de vista ". Com esta colaboração multidisciplinar, somos capazes de melhorar de forma consistente o desempenho do edifício. Quem diz a cooperação também diz a capacidade de trocar informação entre todos os intervenientes na forma interoperável do projeto, com formatos abertos. A interoperabilidade é uma noção para manter sempre em mente. [20]

### **BIM num campo de ação múltipla**

"BIM não é restritivo". Na fase de projeto, permite a criação de modelos de edifícios de formas complexas e multiplica as variações em torno de um único projeto. BIM também permite que o arquiteto possa transferir facilmente o modelo digital contendo suas informações para outros softwares. Por outro lado, diversos estudos BIM são mais direcionados para a comunicação. Na verdade, ele permite apresentar claramente o progresso de um projeto de gestão ou futuros usuários de um projeto de edifício. [20]

Os objetivos BIM são:

- Permitir que as equipas projetem, visualizem, simulem e colaborem mais facilmente em todo o ciclo de vida do projeto.
- Que esta tecnologia torne mais fácil a realização dos objetivos de um projeto e da empresa.
- Suporte 3D “Assistência”
- Projeto de simulações 4D
- Domínio Controlo de Gestão de Custos com a simulação 5D
- Serviços de aprendizagem da tecnologia BIM. É um processo que envolve a criação e utilização de um modelo 3D inteligente, que permite tomar melhores decisões sobre um projeto e sobre a comunicação. Os nossos objetivos irão tornar as nossas informações mais perceptíveis e proporcionar uma mais valia em cada fase do processo. A EQUIPA. [21]

### As dimensões do BIM

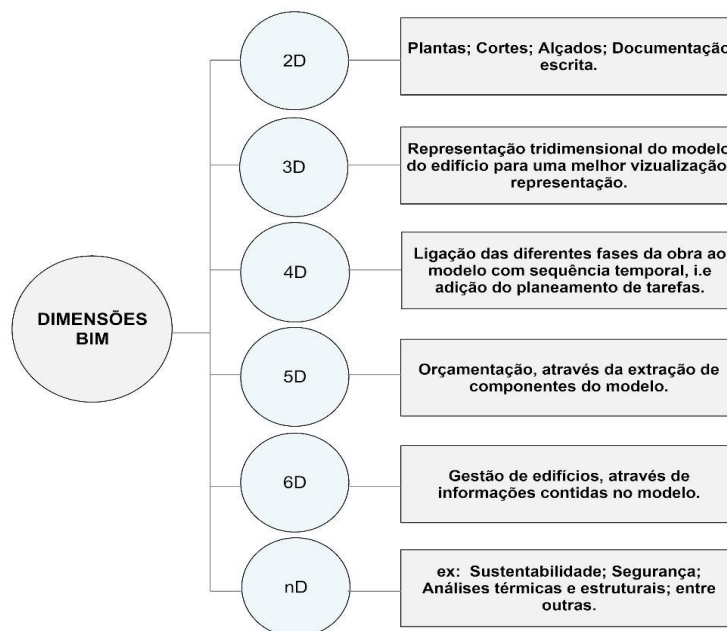


Figura 3 – Dimensões do BIM

## **2.4. Normas para a utilização do BIM**

No âmbito deste trabalho não se recorreu a qualquer tipo de norma em específico apesar da existência de diversas normas internacionais, como iremos ver a seguir. Sendo um trabalho de interoperabilidade entre somente dois softwares podemos considerar uma visão BIM mais micro neste trabalho, em comparação com um modelo BIM na sua integra englobando as diversas especialidades de uma construção.

É necessário que a regulamentação do BIM seja obrigatória para que a sua implementação total seja uma realidade. Por isso surgiu a necessidade de desenvolver normas e guias de boas práticas. Estes documentos contêm especificações técnicas e critérios precisos que devem ser desenvolvidos pelos utilizadores de forma consciente condizendo com uma regra, diretriz ou definição. [1]

Um relatório da Universidade de Newcastle na Austrália refere que a maioria dos países industrializados estão bem informados sobre as tecnologias e processos BIM e têm vindo a promover o seu uso. [3]

No decorrer dos últimos anos, as organizações governamentais de vários países de todo o mundo aperceberam-se do potencial do BIM, bem como dos benefícios que a sua prática pode refletir no seu setor construtivo. [24]

Para tornar possível o uso deste novo modelo diversas organizações, sediadas em vários países, elaboraram normas/diretrizes. O AIA descreveu iniciativas que confluem numa tabela no sentido de se apresentarem as normas estabelecidas para uso do BIM a nível mundial. Na Tabela 1 é apresentada uma adaptação dessa tabela onde aparecem listadas as organizações e países que têm como principal meta regulamentar os seus processos de modelação. Após uma análise cuidada da mesma a perceção que resulta é a de que a adoção das tecnologias BIM está em linha de corrida em vários pontos do globo terrestre e que, atualmente, são realizados vários esforços e várias campanhas com o intuito de normalizar a sua prática. [1]

Bem na linha da frente temos os Estados Unidos como grande motor deste movimento que, sendo uma grande potência económica, são sede de diversas organizações e universidades que têm vindo a publicar normas/diretrizes sendo que, nem todas se encontram aqui enumeradas. Já na Europa, o principal motor de arranque encontra-se na



região escandinava com principal destaque para a Finlândia e Noruega que desde o princípio têm vindo a mostrar o seu enorme interesse em tornar o uso BIM como padrão na realização de inúmeros processos. A par destes países europeus, também o Reino Unido tem revelado um enorme potencial na implementação do BIM. [3]

Tabela 1 - Adoção das tecnologias BIM

País	Organização	Nome da Norma/Diretriz/Requisito	Data de Publicação
Austrália	NATSPEC	<i>NATSPEC National BIM Guide</i> <i>NATSPEC BIM Object/Element Matrix</i>	19-Set-2011
Dinamarca	<i>Erhvervsstyrelsen (National Agency for Enterprise and Construction)</i>	<i>Det Digitale Byggeri (Digital Construction)</i>	01-Jan-2007
Finlândia	<i>buildingSMART Finland</i>	<i>Common BIM Requirement 2012 (COBIM)</i>	27-Mar-2012
Reino Unido	<i>AEC (UK)</i>	<i>AEC (UK) BIM Protocols</i>	07-Set-2012
Noruega	<i>Statsbygg</i>	<i>Statsbygg Building Information Modeling Manual</i>	24-Nov-2011
Singapura	<i>Building and Construction Authority</i>	<i>Singapore BIM Guide</i>	15-Mai-2012
	<i>CORENET e-submission System (ESS)</i>	<i>CORENET BIM e-submission Guidelines</i>	25-Jan-2010
Estados Unidos da América	<i>National Institute of Building Science (NIBS) - buildingSMART alliance (bSa)</i>	<i>National BIM Standard (NBIMS)</i>	04-Mai-2012
	<i>American Institute of Architects (AIA) Contract Documents</i>	<i>E202-2008 BIM Protocol Exhibit</i>	2008
	<i>New York City Department of Design + Construction</i>	<i>BIM Guidelines</i>	01-Jul-2012
	<i>United States Department of Veterans Affairs (VA)</i>	<i>The VA BIM Guide</i>	02-Abr-2010
	<i>Indiana University Architect's Office and Engineering Services</i>	<i>IU BIM Guidelines &amp; Standards for Architects, Engineers, and Contractors</i>	02-Jul-2012
	<i>buildLACCD (Los Angeles Community College District)</i>	<i>BIM Design-Bid-Build Standards</i> <i>BIM Design-Build Standards</i> <i>LACCD BIM Standard</i>	29-Jun-2011 02-Jun-2010
	<i>United States General Services Administration (GSA)</i>	<i>National 3D-4D Building Information Modeling Program</i>	15-Mai-2007

Singapura foi um dos primeiros países a avançar com um programa de implementação BIM (Aguiar Costa, n.d.) e já apresenta várias regras para a utilização de BIM a nível do setor público [2].

### **2.4.1 Norma Singapore BIM Guide 2013 Version 2**

Singapore BIM guide, desenvolvido por Singapura, foi um dos primeiros países a avançar com um programa de implementação BIM a nível nacional (os primeiros desenvolvimentos começaram em 1999, através do programa Corenet) e estabeleceu como meta a adoção BIM obrigatória em 2015;

O responsável pelo desenvolvimento do Singapore BIM Guide 2013 é a Building and Construction Authority (BCA). Em 2013 a Building and Construction Authority (BCA) desenvolveu o guia BIM 2013. Este guia procura delinear os diversos usos, procedimentos e profissionais que estão envolvidos em projetos de construção com aplicação do BIM e encontra-se dividido em três capítulos. [8]

1. Introdução;
2. Especificações BIM (what);
3. Modelação e processo de colaboração (how)

### **2.4.2 Norma National BIM Standard (NBIMS) – EUA**

De um projeto de colaboração do National Institute of Building Sciences com a buildingSMART alliance resulta o NBIMS. Esta norma procura fornecer a estrutura necessária e um quadro base de suporte ao processo colaborativo BIM, atendendo às necessidades dos desenvolvedores de software BIM, bem como aos diversos profissionais da indústria AEC (NBIMS, 2013). Neste momento a última versão disponível para consulta da NBIMS é a versão 2. Esta norma está dividida em cinco capítulos [7]:

1. Âmbito;
2. Normas de referência;
3. Termos e definições;
4. Normas de troca de informação;
5. Documentos práticos;

### **2.4.3 Norma COBIM – Finlândia**

National Common BIM requirements (COBIM), guideline publicada em 2007 pela organização pública Senaatti Properties finlandesa. Desde 2001 que esta entidade desenvolve projetos piloto que culminaram numa crescente generalização do BIM a nível nacional; [1]

A publicação Common BIM Requirements, mais conhecida por COBIM, foi primeiramente publicada em 2007 pela organização pública Senaatti Properties finlandesa. Surgiu na Finlândia como forma de resposta à rápida adoção do BIM neste país. O âmbito da criação destes documentos foi a sua utilização como apêndices para os documentos de adjudicação e contratos dirigidos a todos os intervenientes no processo construtivo durante todo o ciclo de vida da obra. [8]

A norma COBIM está dividida em 13 séries onde se tenta regulamentar as atividades necessária para a realização de um modelo BIM, sendo elas:

1. Requisitos gerais BIM;
2. Modelar de uma situação inicial;
3. Projeto de arquitetura;
4. Projeto de MEP;
5. Projeto de estruturas;
6. Garantia de qualidade;
7. Extração de quantidades;
8. Uso de modelos para a visualização;
9. Uso de modelos para a análise MEP;
10. Análise energética;
11. Gestão de um projeto BIM;
12. Uso de modelos na gestão de edifícios;
13. Uso de modelos na construção.

#### **2.4.4 Norma AEC (UK) BIM Protocol**

PAS1192-2 Specification for information management using BIM e também o AEC (UK) BIM protocol, impulsionados pelo Cabinet Office britânico, responsável pelas metas estratégicas entretanto estabelecidas de utilização BIM obrigatória a partir de 2016;

O governo do Reino Unido, em contraste com a maioria dos países, tem em curso um programa legislativo com o objetivo de tornar obrigatória a utilização de BIM nas obras públicas. É possível ler-se no documento “Government Construction Strategy” que até 2016 para obras com custo superior a 5M£ o governo vai exigir BIM 3D totalmente colaborativo. Como resposta a esta exigência a AEC (UK) BIM Standard Committee lançou até à data a norma AEC (UK) BIM Protocol, a AEC (UK) BIM Protocol para o Autodesk Revit e Bentley (Jorge Silva, 2013), com o objetivo de melhorar os processos de produção, gestão e partilha de informação de projeto. [9]

A mais recente versão do AEC (UK) BIM Protocol foi publicada em 2012 e conta com os 11 capítulos a seguir mencionados:

1. Introdução;
2. Melhores práticas;
3. Plano de execução do projeto BIM;
4. Trabalho colaborativo em BIM;
5. Interoperabilidade;
6. Segregação de dados;
7. Métodos de Modelação;
8. Estrutura das pastas e convenção de identificação;
9. Estilos de apresentação;
10. Recursos;
11. Anexos.

### **2.4.5 Norma GSA BIM GUIDES – EUA**

National Building Information Modelling Standards, desenvolvidos pelo National Institute of Building Science, representam o culminar de inúmeras iniciativas BIM americanas que se iniciaram em 2003 com o National 3D-4D-BIM program da General Service Administration (GSA). [28]

Da compilação de várias contribuições lançadas por diferentes entidades, (privadas, governamentais ou universidades), têm surgido as normas BIM dos EUA. A GSA é responsável pela construção e manutenção de todos os edifícios federais nos Estados Unidos tendo em 2003 estabelecido como meta imediata o programa National 3D-4D-BIM. [1]

A 15 de Maio de 2007 a General Services Administration (GSA) tornou pública a primeira versão do GSA BIM Guide com o título GSA Building Information Modeling Guide Series. Esta primeira série é um texto introdutório que serve de suporte e arranque comum para as tecnologias BIM em aplicações gerais (GSA, 2007). Desde então a GSA tem vindo a publicar mais séries de guias e neste momento já estão disponíveis as seguintes [28]:

- Series 01 – 3D - 4D - BIM Overview;
- Series 02 – Spatial Program Validation;
- Series 03 - 3D Laser Scanning;
- Series 04 - 4D Phasing;
- Series 05 - Energy Performance and Operations.
- Series 06 - Circulation and Security Validation;
- Series 07 - Building Elements;
- Series 08 - Facility Management.

### **2.4.6 Normas Norueguesas**

Statsbygg BIM manual, desenvolvido pela Statsbygg, uma agência governamental norueguesa que desde 2011 usa o BIM para todos os seus projetos.

A SBM tem como objetivo descrever os requisitos de informação no que diz respeito aos projetos BIM de um modo muito detalhado. Foi construído na IDM buildingSMART, e foi desenvolvido para fornecer uma estrutura clara para os processos de comunicação dos seus projetos. [34]

SBM foi desenvolvido especificamente para a indústria da construção e consiste em:

- Na descrição genérica das necessidades e requisitos BIM de domínio específicos. Ele descreve os requisitos para o BIM independente do projeto, fase, disciplina, etc. [23]
- Uma descrição das ferramentas de modelagem para garantir a qualidade e a prática na fase do projeto (por exemplo, verificação de consistência, a detecção de conflitos, de segurança e de trânsito, etc.)
- A descrição de requisitos adicionais no BIM, que podem ser necessários durante o projeto.
- Uma lista de classificações para espaços técnicos, entidades mecânicas, elétricas, entidades e fases do projeto, disciplinas e os objetivos dos participantes.

#### **2.4.7 Normas Canadiana AECOO Community**

Para liderar a transformação de uma comunidade com melhor desempenho a AECOO canadense pretende a implementação de processos colaborativos, de entrega do projeto com base no BIM e no seu ciclo de vida.

Para a canadense é necessário uma transformação clara na Arquitetura, Engenharia, Construção, Proprietários e Operações. AECOO é uma comunidade cujo intuito é melhorar o seu desempenho e contribuir mais eficazmente para a sociedade, para o desenvolvimento ambiental e económico do Canadá. A canadense (BSC) de buildingSMART Internacional (BSI) e o conselho do Instituto de BIM no Canadá (IBC) acreditam firmemente que essa transformação deve ser apoiada por mais abordagens colaborativas para a entrega do projeto com base em Building Information Modeling

(BIM) ferramentas, tecnologias e processos que estão alinhados com outras iniciativas semelhantes em curso em todo o mundo. [30]

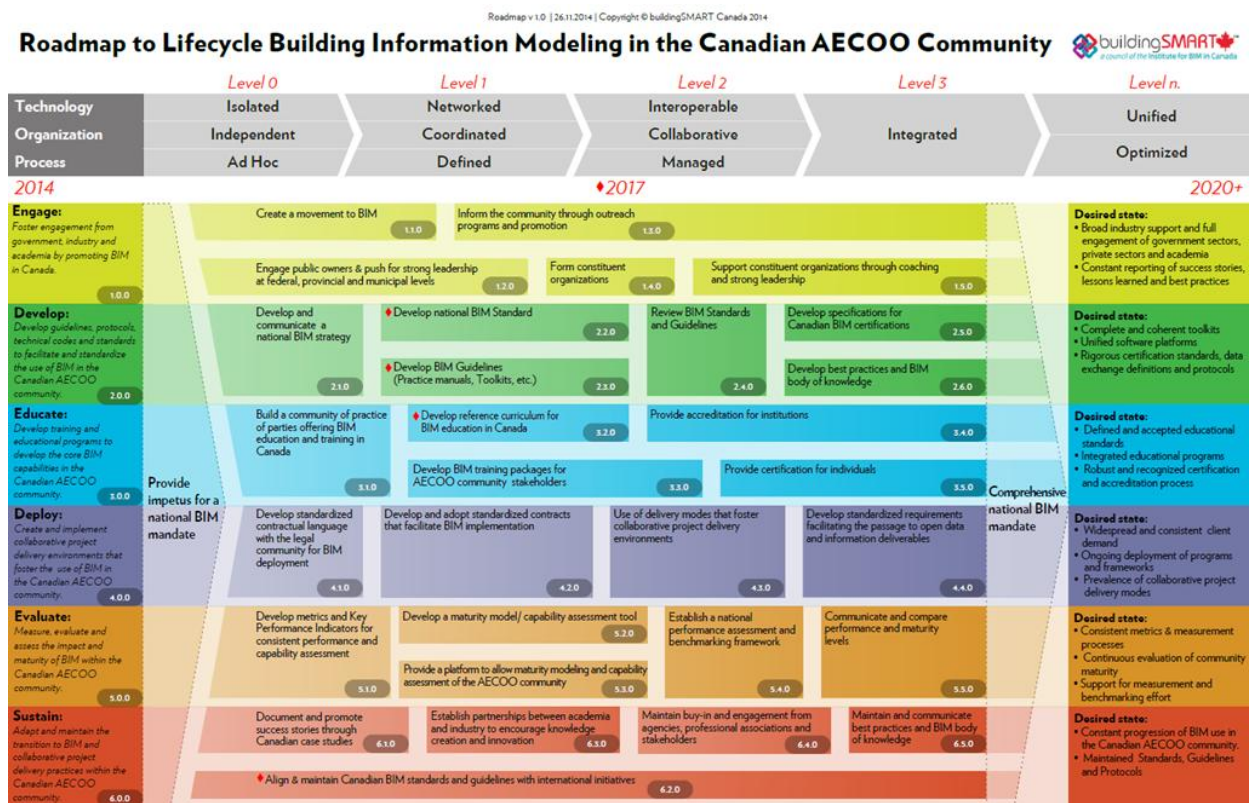


Figura 4 – Lifecycle Building Information Canadian AECOO Community [25]

## 2.4.8 Normalização em Portugal

Em Portugal, o processo de normalização está a dar os primeiros passos. O Instituto Português da Qualidade (IPQ) está representado no grupo de trabalho da Comissão de Normalização Europeia para o desenvolvimento da norma BIM europeia, garantindo-se assim uma convergência entre os esforços nacionais e europeus. Algumas iniciativas estão também a ser dinamizadas para gerar o conhecimento de base necessário ao desenvolvimento de um documento de âmbito nacional de valor indiscutível. [27]

Algumas iniciativas como o grupo de trabalho BIM (GTBIM) da Plataforma Portuguesa Tecnológica da Construção (PTPC) e o BIMfórum representam um contributo valioso para as dinâmicas de normalização, auscultando a indústria e gerando uma visão integrada, que será considerada numa estratégia bottom-up e que permitirá atingir um mais rápido consenso. Outras iniciativas, como a Comissão BIM da APMEP (Associação Portuguesa dos Mercados Públicos), estão também a contribuir ativamente,

especialmente no que diz respeito à participação numa rede BIM europeia de entidades públicas e ao trabalho de integração do BIM nos processos de contratação pública que, aliás, recebe especial atenção nas novas diretivas europeias da contratação pública. [27]

A normalização BIM em Portugal deve ser encarada como uma oportunidade de reorganização da indústria e otimização dos processos e fluxos de informação que lhe estão inerentes. A sua correta implementação permitirá, de forma inequívoca, potenciar sinergias entre os diversos agentes e abrir espaços de inovação importantes para o aumento da competitividade no mercado global. [27]

São ainda de referir alguns outros países que já possuem normas e guidelines BIM como a Dinamarca, a Holanda, Coreia do Sul, Hong Kong, Austrália, etc. [27]

## **2.5 Interoperabilidade**

Interoperabilidade é a capacidade de troca de informações estruturada entre diferentes aplicações BIM, idealmente sem verificação manual para garantir a confiabilidade. Como não é possível pedir todas as partes intervenientes no projeto usando as mesmas aplicações, os dados devem ser trocados também. [29]

O problema da troca de informações é vista como a principal dificuldade atual vivida pelos usuários do BIM. Se há uma área onde BIM ainda tem espaço para o desenvolvimento, este é o único. Na verdade algumas aplicações, a partir do mesmo desenvolvedor de softwares, não conseguem trocar dados diretamente sem dificuldade. [29]

Ferramentas BIM específicas para uma tarefa, como a energia ou os cálculos estáticos, quantidades de extração ou visualizações devem ser capazes de recuperar os dados diretamente a partir de um modelo digital 3D criado por outro software e evitar uma recuperação manual. Esta recuperação manual não é apenas um desperdício de tempo, mas também uma fonte de erros. [29]

Para o CAD, o formato de intercâmbio principal é a DXF e, até certo ponto, o DWG. No entanto, o BIM requer um formato de intercâmbio que também pode transferir os atributos e outros parâmetros do modelo digital 3D. Atualmente, os principais formatos de troca de dados BIM são IFC e XML. A interoperabilidade também é conseguida



através da API (Interface de Programação), então ligações diretas incorporados em aplicações. [29]

A interoperabilidade é um dos pontos mais importantes a considerar ao avaliar um software BIM antes da compra.

Formatos de interoperabilidade:

- OpenBIM buildingSMART
- IFC
- Formato BCF
- SDFN
- CIS/2
- IFD Format
- IDM Format
- Cobie Format
- Uniclass e OmniClass
- Formato CityGML
- GbXML
- LandXML
- Formato PDF e 3DPDF
- Programação e plugins

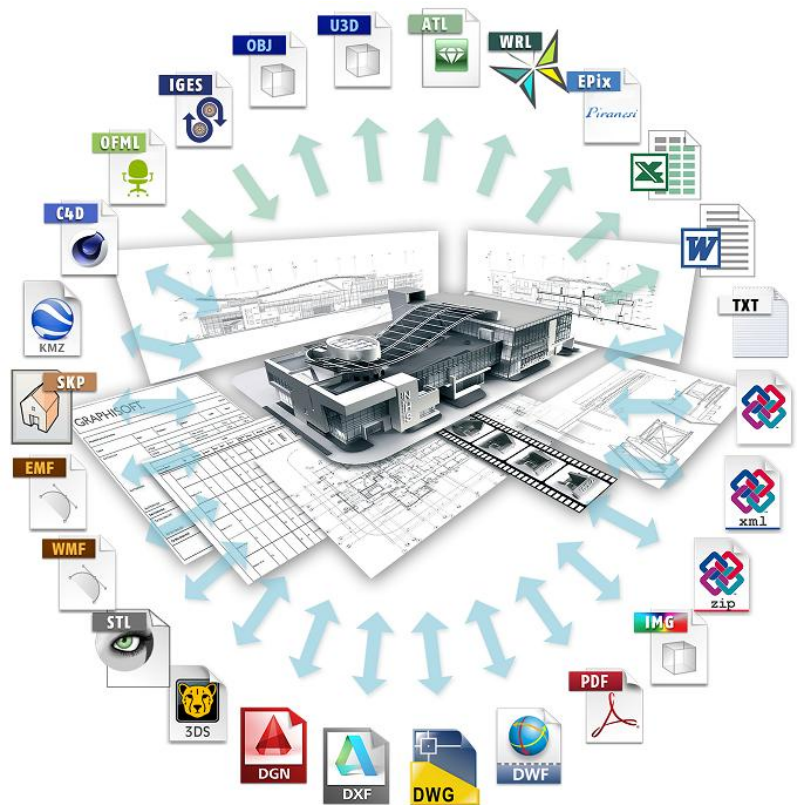


Figura 5 – Formatos de Interoperabilidade

Apesar da existência de diversos tipos de formatos de interoperabilidade podemos separá-los em dois grupos. Os formatos claramente BIM, tais como: (.SDNF, CIS/2, IFC, IFD, IDM, BCF, Cobie format).

E os que não são em rigor formatos BIM, podem ser enquadrados em fluxos de trabalho BIM tais com: (Uniclass e Omniclass, CityGML, GbXML, Formato PDF e 3DPDF). Assim não sendo formatos exclusivamente BIM são utilizados em fluxos de trabalho no contexto BIM, pelo que é importante conhece-los também.

### **2.5.1 BuildingSMART e OpenBIM**

BuildingSMART é compatível com o IFC e BIM. Criado em 1994 sob o nome de Aliança da Indústria Interoperabilty (alterado em 1997 para Aliança Internacional para a Interoperabilidade), a organização foi o de fornecer à indústria da construção os benefícios da interoperabilidade entre software e objetos inteligente. Ele foi renomeado em 2005 buildingSMART. [11]

Atualmente buildingSMART cria e promove a adoção de padrões tais como: internationaux OpenBIM IFC, IFD, IDM e BCF. [11]

### **2.5.2 Formato IFC - Industry Foundation Classes**

IFC, Industry Foundation Classes, é um formato que foi desenvolvido por buildingSMART. É um formato orientado a objetos que facilita a troca de dados entre o software BIM. Ele foi projetado para todos os tipos de dados e isso durante o tempo de vida de um edifício, a partir de estudos preliminares para a demolição, através do design, planeamento, construção e utilização. [12]



Figura 6 – IFC visão geral por especialidades e softwares

Esta aventura teve início nos Estados Unidos, em 1995. Está a ser considerada por uma dúzia de empresas do setor de construção para melhorar a comunicação entre o software. Vários anos serão necessários para definir uma forma de facilitar o comércio entre as aplicações utilizadas pelos profissionais da construção (arquitetos, escritórios de design, clientes, empresa...). Será uma linguagem comum: o IFC. [13]

O IFC é, provavelmente, o OpenBIM mais conhecido e mais utilizado. No entanto, eles estão ainda em desenvolvimento, mas a complexidade dos dados que podem ser trocados aumenta a cada nova versão. A IFC pode representar objetos de geometria e a relação com outros objetos, propriedades, meta dos dados necessários para gerir as informações e as informações não-gráficas. [12]

Atualmente IFC é o único suficientemente desenvolvido para abrir formatos BIM. Este formato tornou-se o padrão mundial e é agora um padrão ISO (16739: 2013). As principais aplicações BIM são capazes de importar e exportar o IFC. [12]

Como se pode constatar através da sua definição, o modelo BIM poderá ser uma ferramenta que irá impulsionar a indústria da construção civil no que toca à integração, interoperabilidade e colaboração [4].

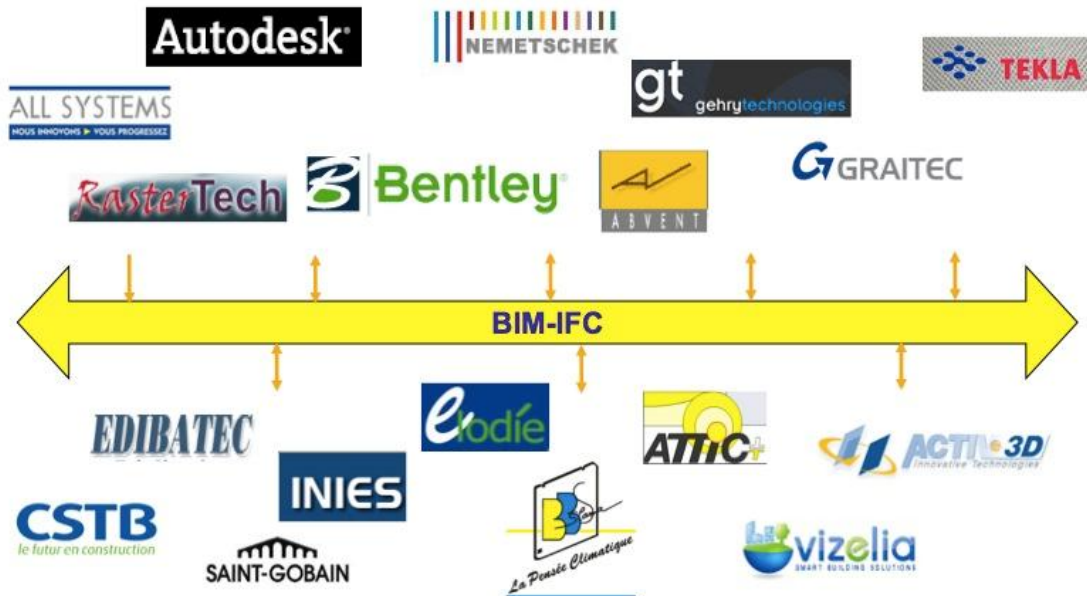


Figura 7 – Interoperabilidade IFC

Os aperfeiçoamentos baseiam-se no aumento da variedade de informação comportada e na otimização das várias funcionalidades já suportadas pelo formato. Como exemplo, na versão IFC 2x2 é possível transferir modelos estruturais e após sucessivas e regulares atualizações encontra-se hoje na versão 2x4 lançada no princípio do ano 2012, que permite transferir a armadura modelada em elementos estruturais, através do IFC. [5].

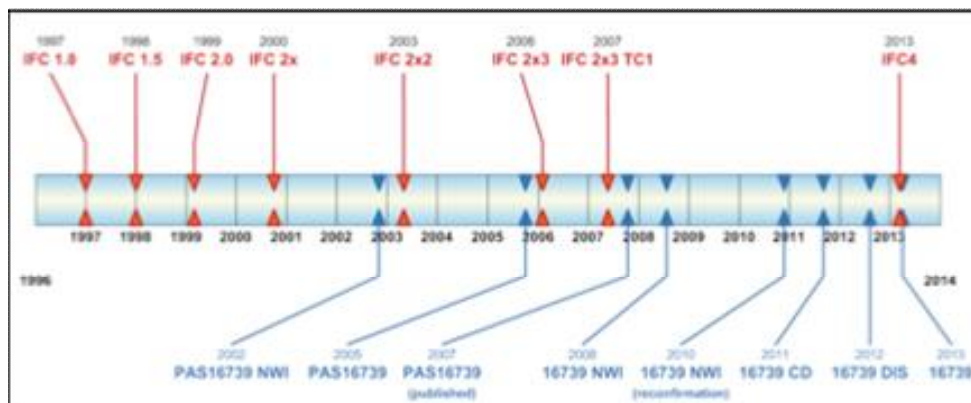


Figura 8 – Evolução do IFC

O BuildingSMART é responsável pela criação e manutenção desta lista. No entanto, devido à instabilidade do desenvolvimento de software e progressão da indústria AEC, é possível que, por vezes, alguma da informação seja ultrapassada.

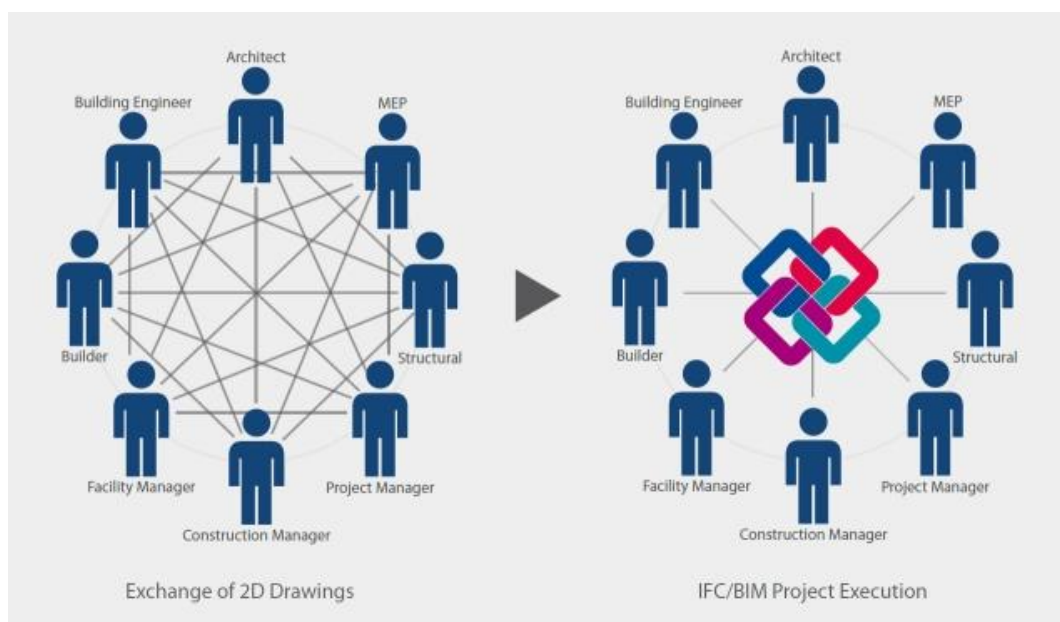


Figura 9 – Interação 3D – IFC BIM

Para beneficiar das contribuições desta tecnologia, é necessário aprovar a importação de software e ferramentas de certificação e exportação de IFC e acompanhar a evolução das revisões IFC. [5]

### 2.5.3 Formato BCF - BIM Collaboration Format

O formato BCF foi introduzido na sequência de uma ideia de mensagens de comunicação separado Tekla e Solibri, que descrevem problemas descobertos no modelo digital do próprio modelo. [32].

Na verdade antes do formato BCF, os usuários que queriam discutir os problemas de intercâmbio de dados, detetando conflitos ou pedidos de alterações no modelo, enviavam o modelo completo. O recetor do modelo comparava com a versão anterior a fim de verificar efetivamente todas as alterações. [32].

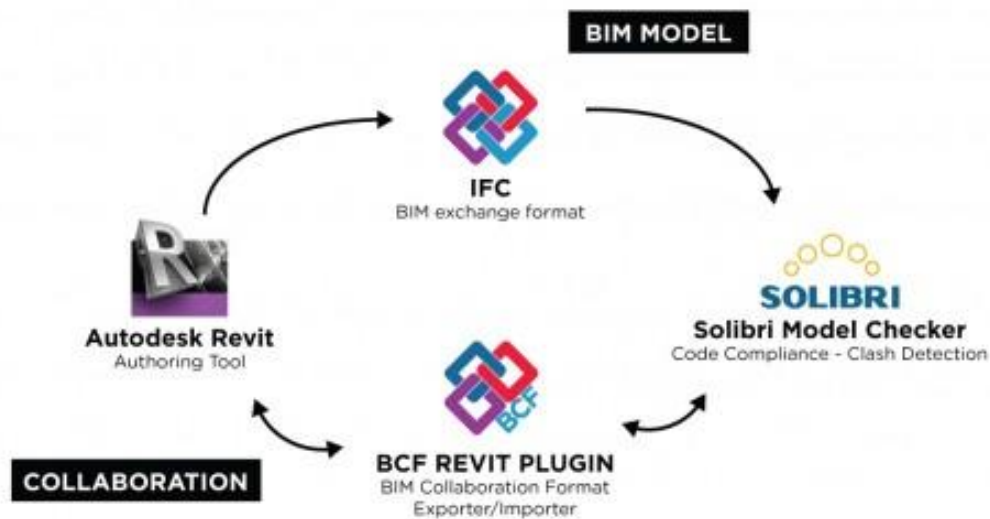


Figura 10 – BCF BIM Collaboration Format

O formato BCF permite também anexar mais comentários, uma pequena parte do modelo BIM e pontos de vista. BuildingSMART agora cuida de formato BCF. [32]

#### 2.5.4 Formato IFD - International Framework for Dictionaries

O IFD (International Framework for Dictionaries) é uma espécie de língua comum para os aplicativos que incluem textos com propriedades trocadas.

Enquanto o IFC define um padrão de troca de informações, principalmente geométrica entre software, eles não definem todas as propriedades que são texto. Tomemos por exemplo a ocupação de um, (componente IfcSpace), e que uma parte será definida pelo arquiteto como "cozinha". Um engenheiro de estruturas, ao receber o modelo do arquiteto, deve saber o uso da peça a fim de calcular a sua estrutura. O seu software de cálculo provavelmente não inclui "cozinha" muito menos se o idioma não for o mesmo. [14]

Os DFIs estão a trabalhar com a IFC para que todos os conceitos e características sejam entendidos em todas as línguas. [14]

### **2.5.5 Formato IDM - Information Delivery Manuals**

O IDM (Information Delivery Manuals) fornece uma referência comum no processo de troca de dados BIM. Para colher os benefícios do intercâmbio de dados do BIM, a informação deve estar disponível para todos no momento e formato adequados. Os IDC são geralmente representados por um processo de mapeamento. [14]

### **2.5.6 Formato COBie**

O Cobie é um formato de troca com base nas definições da IFC que incide sobre a transmissão de informação predominantemente não-gráficos do edifício. Ele contém todas as informações necessárias a usar na manutenção da estrutura. Cobie, que pode ser comparado a uma folha de Excel gigante, pode ser trocada entre o XML e outros formatos de Excel. [14]

Em primeiro lugar muitos têm demonstrado alguma renitência na escolha deste formato de troca de BIM Nível 2, na medida em que questionam o porquê de se ter tanto trabalho num modelo 3D, que contém informações estruturadas, para converter naquilo que parece afinal nada mais do que uma tabela do Excel? Além disso, o Cobie não transmite os dados não geométricos da mesma maneira que o IFC. É bom lembrar, no entanto, que 80% dos dados de um modelo são não geométricos. [14]

Um projeto de dimensão modesta irá conter cerca de 600.000 linhas. Um projeto mais complexo, como um hospital, pode facilmente conter mais de um milhão de linhas, bem acima dos limites do Excel. Atualmente a ocorrência de 1% de erros durante a conversão do formato Cobie é considerado normal. [14]

	A	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
	Email	CreatedOn	Category	Company	Phone	ExternalSystem	ExternalObject	ExternalIdentifier	Department	OrganizationCode	GivenName	FamilyName	Street	PostalCode	Type
2	johnston@rycemeoof.co.uk	2012-05-13T12:27:24	C06 - Production information	Brylren Wood Limited	020 7263 4172	Autodesk IFC(Personal)	johnston	design	BW	James	Johnston	89 Charter	n/a	London	
3	info@ac1.com	2012-05-20T09:46:33	C12 - Quality management	AC1	02094 714733			08	ALCS	Nick	Nibbet	46 St Marg	n/a	High Wycombe	
4	sales@wallgate.co.uk	2012-02-13T16:03:03	C889 - Manufacturers	Wallgate Ltd	01722 744 504			sales	Wallgate	sales	team	Crow Lane	n/a	Salisbury	
5	nn@buildingSMART.org.uk	2012-02-13T16:03:03	C12 - Quality management	buildingSMART Ltd	01494 714933			product templates	buUK	Nick	Nibbet	46 St Marg	n/a	High Wycombe	
6	James.Brayshaw@odnabresurvey.co.uk	2012-02-13T16:03:03	C12 - Quality management	OS	023 8025 6002			sales and marketing	OS	James	Brayshaw	Adanac Dr	n/a	Southampton	
7	support@contractor.co.uk	2012-06-17T15:15:15	C888 - Contractors	Contractor	01111111111			support	Contractor	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
8	service@doorproducts.co.uk	2012-06-17T15:15:15	C889 - Manufacturers	Door Products	02111111111			service	DoorProdu	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
9	warranty@wallgate.co.uk	2012-06-17T15:15:15	C889 - Manufacturers	Wallgate Ltd	01722 744 504			warranty	Wallgate	warranty	team	Crow Lane	n/a	Salisbury	
10	support@fresupplies.co.uk	2012-06-17T15:15:15	C889 - Manufacturers	Furniture Ltd	03111111111			support	FRESupplies	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
11	support@mepproducts.co.uk	2012-06-17T15:15:15	C889 - Manufacturers	MEP services Ltd	04111111111			support	MEPProduct	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
12	sales@doorproducts.co.uk	2012-06-17T15:15:15	C889 - Manufacturers	Door Products	02111111111			sales	DoorProdu	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	

Figura 11 – Aparência de um arquivo Cobie (aecmag.com, imagem)

Os fornecedores de software estão a trabalhar no sentido de desenvolver plugins de importação / exportação Cobie que funcionem de forma satisfatória para o mercado do Reino Unido. O Cobie e o IFC são totalmente dependentes deste sucesso se quisermos garantir a fiabilidade destes formatos nos intercâmbios. [14]

### 2.5.7 Formato SDNF (Steel Detailing Neutral Format)

O formato SDNF “Versão 3.0” é um formato padrão para a troca de elementos de aço (perfis, chapas, etc.). O SDNF oferece um método neutro no sistema para a importação e exportação de dados do modelo estrutural. Este processo bidirecional permite a importação e exportação de arquivos SDNF de modelos estruturais. [31]

### 2.5.8 Formato CIS/2 (CIMSteel Integration Standards)

É um formato de arquivo de intercâmbio eletrônico de dados para informações do projeto de aço estrutural. CIS/2 facilita a troca de dados através de programas aparentemente autônomos, como a análise estrutural, sistemas de CAD e detalhe, permitindo-lhes comunicar uns com os outros. Ao fornecer um formato de dados neutro, CIS/2 permite a troca de dados entre uma variedade de tipos de programa, contanto que estes programas têm tradutores escritos para interpretar os dados CIS/2 neutros em



formato nativo dos programas. CIS/2 é recomendada pela AISC como o formato para troca de dados entre softwares CAD relacionados com estruturas metálicas. [10]

### **2.5.9 Uniclass e Omniclass**

Sistemas de classificação OminClass e Uniclass são utilizados na indústria da construção. OmniClass é usado nos EUA e Uniclass é utilizado no Reino Unido. Estes dois sistemas de classificação são baseados na norma ISO 12006-2. BIM que usa informações estruturadas e precisas de sistema de classificação para facilitar o intercâmbio de dados. [14]

O Reino Unido lançou recentemente o novo sistema Uniclass chamado Uniclass2 para melhor responder ao impulso de BIM. Isso apesar do facto de muitos terem sido incitados a aderir ao sistema americano. [14]

Uniclass2 pode preencher automaticamente certas categorias de formato Cobie-UK-2012, a versão britânica do Cobie. [14]

### **2.5.10 Formato CityGML - City Geography Markup Language**

O formato CityGML (City Geography Markup Language) é um formato de representação, armazenamento e intercâmbio de modelos 3D de cidades e paisagens com base em XML. Ele define os principais objetos topográficos em cidades de acordo com sua aparência e geometria e topologia.

O tamanho CityGML vai além de gráficos simples e visualização 3D de informações. É possível usar modelos virtuais 3D para análise e simulações para a gestão complexa, para mineração de dados, gestão de desastres, a demanda de energia , etc. [34]

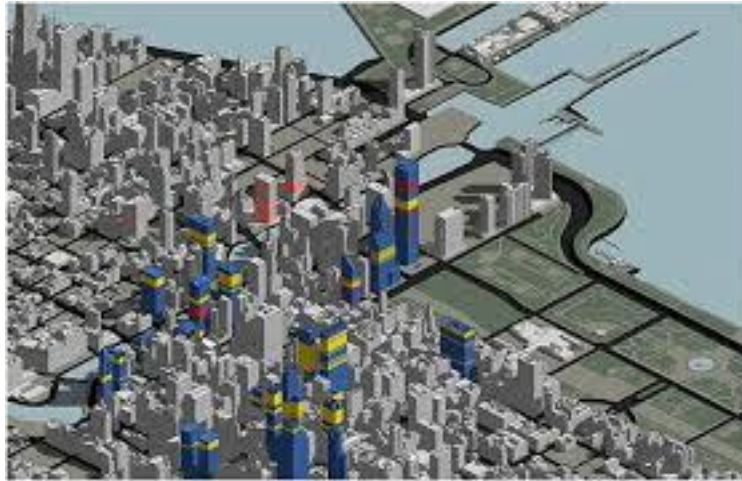


Figura 12 – CityGML

Muitos softwares AEC incluem agora este formato que é usado para inserção de informação geográfica em BIM. O formato CityGML é um formato padrão aberto e pode ser usado gratuitamente. [14]

### 2.5.11 Formato gbXML - Green Building XML

O gbXML ou Green Building XML é utilizado para facilitar a transferência das propriedades de um edifício armazenadas num modelo 3D BIM para as aplicações de cálculos de energia.

O formato é agora suportado pelos principais fornecedores de BIM e análise de energia software e, portanto, tornou-se o padrão da indústria. [33]

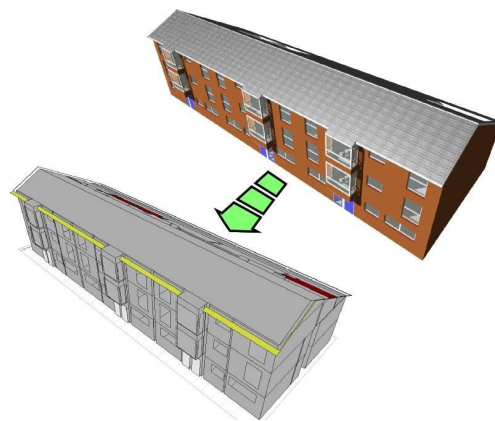


Figura 13 – gbXML

Graças a gbXML, é possível transferir dados entre aplicações, para evitar a transferência manual de dados, bem como riscos de erro. [14]

### **2.5.12 Formato LandXML**

O LandXML é um formato de troca de dados ASCII baseado, como o próprio nome indica, o XML. Ele é usado na engenharia civil e geotécnica para transmitir dados, como redes rodoviárias, área de terra, etc. [35]

A maioria dos softwares de infra-estrutura suporta a importação / exportação deste formato. [35]

### **2.5.13 Formato PDFe 3DPDF**

BIM oferece novas possibilidades. A capacidade de projetar e compartilhar dados em 3D entre as diferentes partes interessadas no projeto oferecem uma série de vantagens. No entanto, enquanto as ferramentas de coordenação e detecção de conflitos generalizam, a comunicação entre todas as partes interessadas, muitas vezes descentralizadas, continua a ser um desafio. [14]

Na verdade, com o BIM, as decisões tomadas por todos os intervenientes são necessárias que aconteçam rapidamente e numa fase inicial do projeto, mas nem todos têm as ferramentas necessárias para a modelagem e visualização. Todos os membros das equipas de projeto e os clientes devem sempre ter acesso aos documentos primordiais. O acompanhamento e atualização destes documentos são essenciais. [14]

Então como garantir que todos os parceiros tenham acesso a todas as informações, mesmo não possuindo um software BIM? Uma solução pode ser a de utilizar um formato mais comum e usado por todos e por um longo período de tempo, o PDF. [14]

O PDF 2D pode ser usado para transmitir, para colaborar e extrair partes do desenho digital em todas as fases da vida de uma estrutura. [14]

O PDF 3D permite compartilhar com o BIM aqueles que não têm nenhuma solução à vista. Com o software PDF 3D atual pode-se cortar o modelo, adicionar comentários e até copiar e colar algumas partes para outro arquivo PDF. [14]

Bluebeam Revu, como uma solução, permite aos participantes compartilhar e colaborar em tempo real, remotamente, em PDF e arquivos PDF 3D. [14]



Figura 14 – Interoperabilidade com PDF 2D e 3D

#### 2.5.14 Programação e Plugins

A interoperabilidade é por vezes feita através de programação. Cada vez mais empresas enfrentam os seus problemas de interoperabilidade entre diferentes softwares que a utilizam ao agendar rotinas mais ou menos complexas para obter o seu caminho. COM (Component Object Model) API (Application Programming Interface) SDK (Software Development Kit) é usado para preencher as lacunas atuais em troca de dados. [14]

Estas abordagens são particularmente adequados para grandes quantidades de dados ou quando um grande número de interações é fornecida e os resultados devem ser trocados entre aplicações que não são compatíveis. Não é incomum para as empresas trabalharem com 5-10 softwares diferentes num projeto. [14]

A programação visual Dynamo para Revit e Rhino / Grasshopper parece ter cada vez mais adeptos e o seu desenvolvimento é bastante estável, principalmente pelos usuários Dynamo e Open Source. [14]

Alguns editores também oferecem ligações diretas entre aplicações como plugins para instalar num dos aplicativos. Esses plugins são usados para converter os dados não apenas uma vez, em oposição ao uso de formatos de troca, de tal forma que os IFCS requerem duas conversões, uma entre um aplicativo e exportar o IFC, outra entre a IFC e as questões de execução. [14]

## 2.6 LOD (Level of development) – Níveis de Desenvolvimento

O LOD é um acrônimo Level of development. Este é um nível de detalhe para definir os objetos e as informações anexas, necessários à modelação e BIM colaborativo durante as fases de projeto.

Existem vários níveis: 100 - 200 - 300 - 350 - 400 - 500

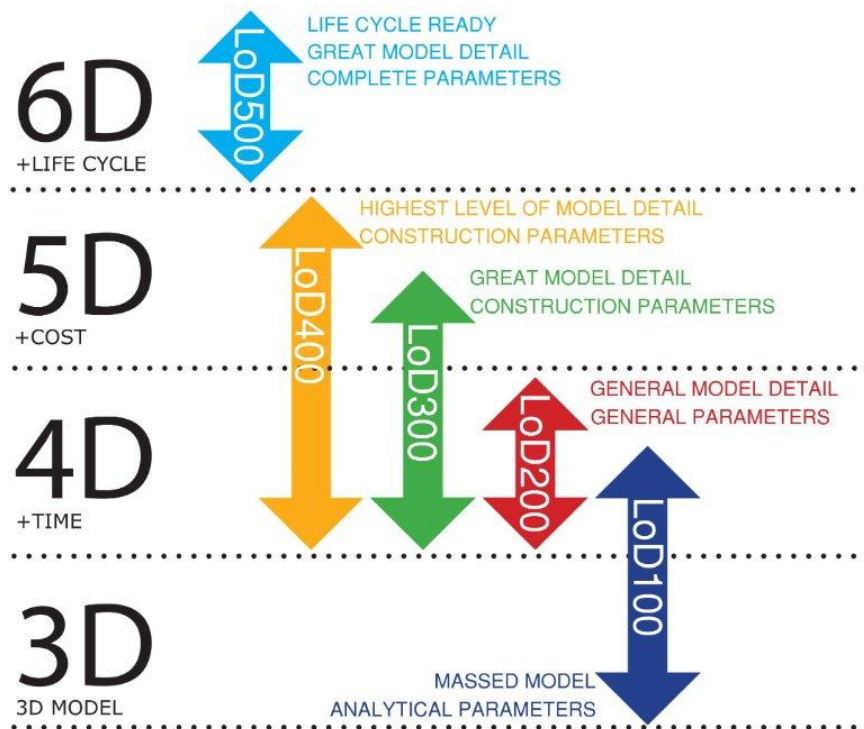


Figura 15 – LOD's

O nível de detalhe do modelo depende da fase do projeto em que você está localizado. Internacionalmente diferentes níveis de detalhes (LOD - Inglês chamado nível de detalhe) foram aprovados [16]:

LOD 100: Os elementos do modelo podem ser representados por um símbolo ou genericamente, sem qualquer informação anexada. As informações contidas nos itens podem vir de outros elementos. Pode ser comparada com a fase de esboço. (Programa Preliminar, Conceptual)

LOD 200: O elemento do modelo é graficamente representado no modelo como um sistema genérico, objeto ou montagem com quantidades aproximadas, tamanho, forma, localização e orientação. Informações não gráficas também podem ser conectadas ao elemento de modelo. (Geometria aproximada)

LOD 300: O elemento do modelo é graficamente representado no modelo como um sistema específico, objeto ou o conjunto em termos de quantidade, tamanho, forma, localização e orientação. Informações não-gráficas também podem ser conectadas ao elemento de modelo. Já pode ser utilizado para análise. (Geometria precisa)

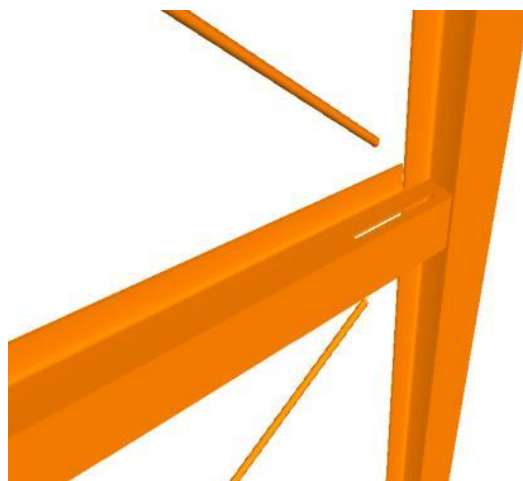


Figura 16 – LOD 300

LOD 350: O elemento do modelo é graficamente representado no modelo como um sistema específico, objeto ou montagem em termos de quantidade, tamanho, forma, orientação e interfaces com outros sistemas construtivos. Informações não-gráficas também podem ser conectadas ao elemento de modelo.

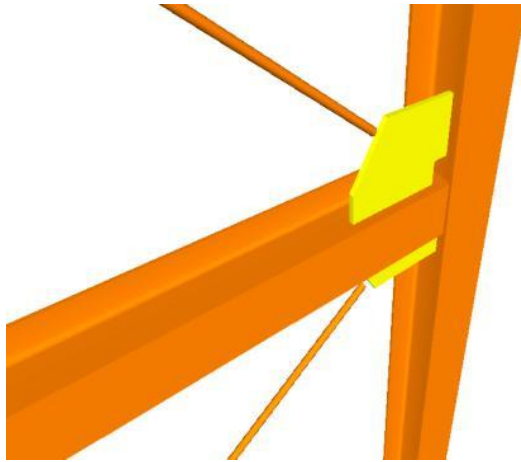


Figura 17 – LOD 350

LOD 400: O elemento do modelo é graficamente representado no modelo como um sistema específico, objeto ou o conjunto em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação com detalhe, fabricação, montagem, instalação e informação.

Informações não-gráficas também podem ser conectadas ao elemento de modelo. Pode ser comparado com a fase de execução. (Fabricação)

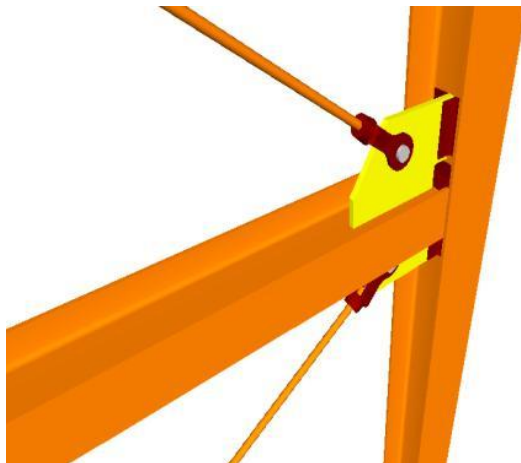


Figura 18 – LOD 400

LOD 500: O protótipo alcança um nível de representação realista. Este nível deve ativar a atualização do modelo digital para ser coerente com o que foi alcançado. (Telas finais)

O elemento do modelo é uma representação de campo verificada em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação. Informações não-gráficas também podem ser ligadas a elementos do modelo.

As necessidades que estão estabelecidas relativamente aos LOD das diferentes disciplinas de projeto pretendem estabelecer um ponto de partida seguro. É compreensível que para um programa preliminar o LOD exigido seja baixo uma vez que ainda não existem certezas claras. Contudo, para que o planeamento possa ser desenvolvido com base à construção, isto é, modelo para projeto de execução, é imprescindível uma modelação de nível médio/alto de desenvolvimento. [16]

O seguinte quadro expõe uma relação em que se tem em conta a etapa de projeto e o LOD correspondente.

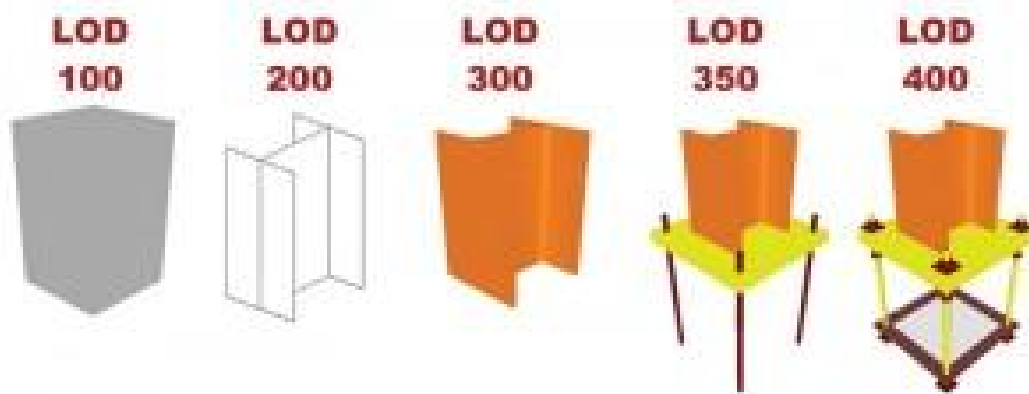


Figura 19 – Representação gráfica dos níveis de LOD



# 3 Modelo caso de estudo

## 3.1 Introdução

O caso de estudo da presente dissertação incide sobre a modelação numa ferramenta BIM da estrutura metálica de uma nave industrial de grandes dimensões. Neste capítulo aborda-se o estudo aos programas de modelação BIM seleccionados, Advance Steel 2016 (AS 2016) e Robot Structural Analysis 2016 (RSA 2016). Após a análise da interoperabilidade dos mesmos irá ser criado um conjunto de recomendações.



Figura 20 – Fluxo de trabalho AS 2016 vs RSA 2016

O objetivo, ao longo deste capítulo, centra-se na análise e na capacidade de troca de informação entre as especialidades, evidenciando o estudo da aplicação do BIM no projeto de estruturas metálicas, com a enumeração e descrição de algumas capacidades destes softwares para a realização da interoperabilidade de um respetivo projeto.

Neste trabalho, os objetivos não incluíram a comparação das capacidades e características do Advance Steel e o Robot Structural Analysis com outras plataformas BIM existentes no mercado tais como: Inventor, Etabs, Sap2000, CypeCAD entre outros. Neste capítulo, evidencia-se uma elevada parte das capacidades e limitações para as aplicações informáticas escolhidas e também comuns a outras aplicações BIM.

Com este caso de estudo pretende-se avaliar a interoperabilidade entre um software de modelação de estruturas metálicas no âmbito da preparação de obra com um software de análise de elementos finitos e vice-versa. Desta forma, procura-se entender as incompatibilidades existentes entre dois softwares de tecnologia BIM, assim como clarificar a aplicação imediata de um workflow baseado em BIM ao projeto diário de uma estrutura metálica no âmbito de uma indústria de metalomecânica.

Sendo uma estrutura utilizada diariamente na indústria da metalomecânica (Nave Industrial), existe no mercado um grande número de conceitos de Naves Industriais das mais diversificadas, no entanto, optou-se por dar início com um exemplo convencional. Assim sendo, decidiu-se não escolher uma estrutura demasiado simples cujos testes poderiam ocorrer de uma forma mais adequada, transmitindo assim a ideia errada. Possivelmente iríamos ter conclusões mais favoráveis quando comparadas com as obtidas no presente trabalho mas que na prática iriam perder significado por ser basicamente uma estrutura teórica.

Importa referir que a modelação utilizada no âmbito deste trabalho teve por base o projeto de execução fornecido pela empresa Lopes & Gomes como modelo de teste na interação BIM, modelo realizado no software Advance Steel, partindo assim deste para a iniciação da interoperabilidade entre softwares BIM.

### 3.2 Estudo do modelo no Advance Steel

De forma a possibilitar a utilização destes softwares de diferentes especialidades, o Modelo foi desenvolvido em primeiro lugar no Advance Steel e transferido, através de formato SDF, para o Robot Structure Analysis.

No software Advance Steel foi realizado o detalhe do Modelo que se considerou adequado com vista à realização dos ensaios no software da Robot Structure Analysis. De forma resumida apresentam-se seguidamente as partes constituintes do modelo.

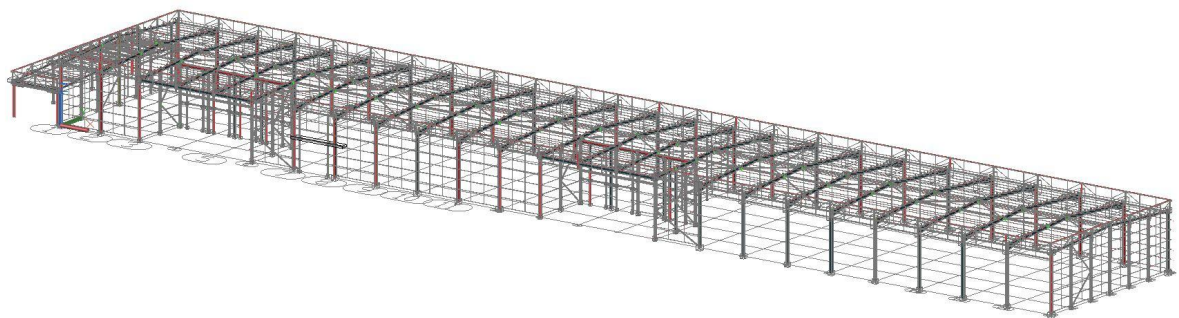


Figura 21 – AS 2016 – Vista geral do modelo

Relativamente aos componentes integrados no Modelo, o nível de detalhe desenvolvido varia entre o LOD 300 e o LOD 400. Neste Modelo foram introduzidos diversos tipos de acessórios de ligação, ligações simples assim como aplicação de macros paramétricas.



Figura 22 – AS2016 – Vista dos pórticos e travamentos

Enumeração do nível de detalhe visível na figura do modelo acima: perfis, chapas, cutelos de reforço.

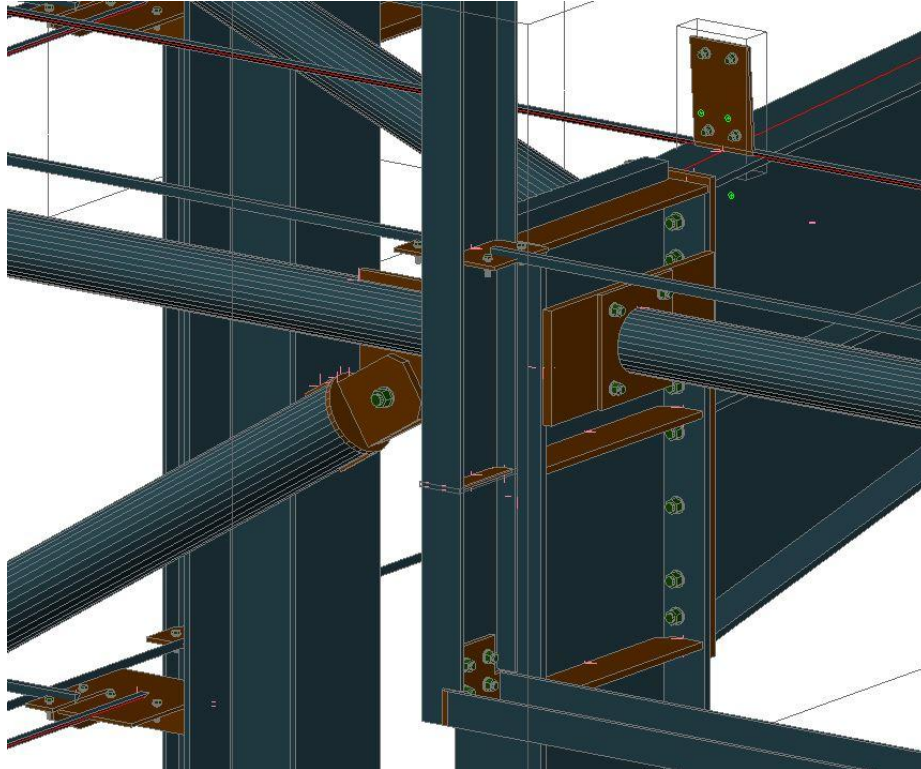


Figura 23 – AS 2016 – Vista das ligações

Na seguinte figura podemos visualizar um nível de detalhe mais minucioso contendo os seguintes elementos de ligação: parafusos, porcas e anilhas.

### 3.3 Advance Steel / Robot Analysis (LOD 400)

Após a verificação do modelo completo, e com um nível de detalhe e informação avançado para a produção ou em linguagem BIM com um nível de LOD 400, foi realizado um primeiro ensaio de interoperabilidade entre softwares AS 2016 e RSA 2016.

Importa lembrar as extensões passíveis de serem utilizadas na exportação de elementos BIM no Advance Steel 2016, os formatos de exportação são os seguintes:

DWG; STD; DXF; IFC. 2x3; CIS/2; SDNF; GTC; PSS; KISS; DSTV;

Apesar do vasto número de extensões disponíveis no Advance Steel 2016 para a interação com outros softwares, existe a necessidade de verificar as extensões que são aceites para o software em estudo que no nosso caso é o Robot Structure Analysis, que permite importar um conjunto de extensões tais como:

RTD; STR; DO4; STD; STP (DSTV) (CIS/2); DXF; DWG; IGS; S (SSDNF) for version 1, 2 e 3; S2K; SAP 2000; ANF; SAT; SAT; NEU; RDX; IFC (versions 2.x, 2.x2 only).

Importa referir que alguns destes formatos não são propriamente BIM mas sim formatos que possibilitam a passagem de informação bastante mais reduzida, assim como a existência de formatos mais específicos para equipamentos de controlo de Comando Numérico Computorizado.

No primeiro ensaio de interoperabilidade utilizou-se o formato IFC sendo um dos mais sonantes no conceito BIM. Após algumas tentativas verificou-se que a interoperabilidade entre o AS 2016 e o RSA 2016 na linguagem IFC é de insucesso, pelo facto dos tipos de linguagem IFC não serem recíprocos. Como podemos verificar a seguir no AS 2016 a linguagem é “IFC 2x3” e no RSA 2016 é “IFC 2x2”. Conclui-se assim que não existe interoperabilidade possível de ser realizada na linguagem IFC.

Na segunda tentativa de interoperabilidade recorreu-se ao formato STP mais conhecido como CIS/2. Após alguns ensaios verificou-se que a interoperabilidade entre o AS 2016 e o RSA 2016 na linguagem STP é de insucesso. Neste caso, não foi possível obter qualquer tipo de informação.

No terceiro ensaio de interoperabilidade utilizou-se o formato STD. Após a verificação da interoperabilidade entre AS 2016 e RSA 2016 foram questionados os materiais correspondentes importados no RSA 2016. No entanto, após a seleção dos mesmos na biblioteca do RSA, certos materiais foram reconhecidos, outros não. Obteve-se assim um nível de interoperabilidade bastante diminuto em comparação com o Modelo inicial.

No quarto ensaio de interoperabilidade usou-se o formato SDNF onde por fim se verificou a interação entre ambos os softwares, obtendo-se assim uma visão geral do modelo a analisar no RSA. Podemos dizer que se realizou a importação com algum rigor conforme podemos verificar na imagem abaixo.

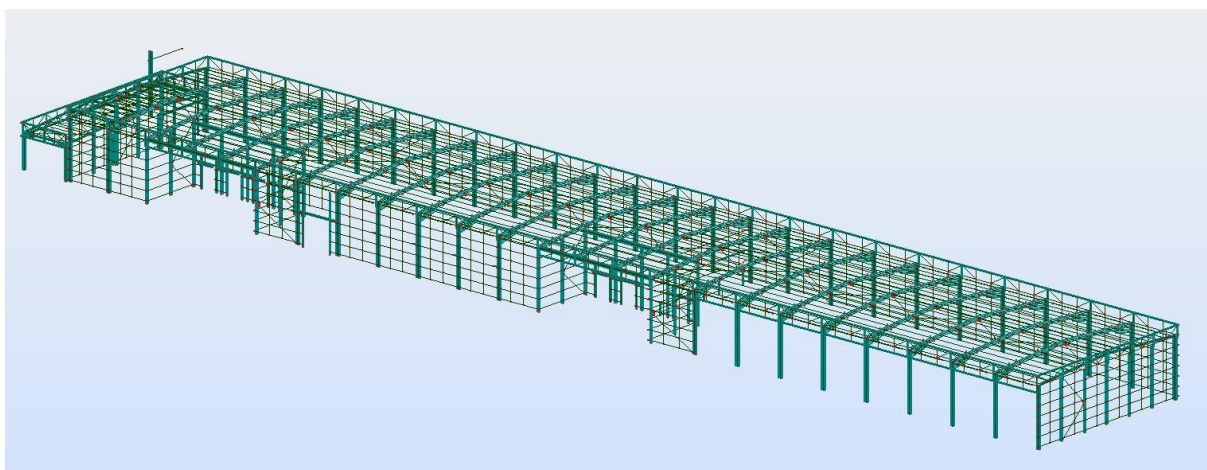


Figura 24 – RSA 2016 – Vista geral do Modelo Importado.

No entanto, podemos visualizar a quantidade de informação desperdiçada na interoperabilidade entre softwares, tais como: macros, perfis, chapas, cutelos de reforço, parafusos, porcas e anilhas etc. Contudo, os elementos de perfis principais (pórticos) encontram-se visualmente posicionados nos respectivos lugares, assim como, com os devidos perfis criados inicialmente no Advance Steel.

Para se analisar o Modelo com maior detalhe no decorrer dos testes foi diminuído o número de LOD's existentes no Modelo inicial e em todas as linguagem passíveis de interagirem com o RSA 2016, reduzindo-se a quantidade de informação de um número de LOD 400 para um número de LOD 300, suprimindo-se assim, nesta fase, todas as macros paramétricas existentes no Modelo, desde ligações aparafusadas e perfis de classe 4 existentes no mesmo, até chegarmos ao número de definição LOD 200 contendo somente perfis.

Desta forma, verificou-se o nível de informação possível de ser interagido entre os softwares, tendo em conta o tipo de extensão (linguagem) e o grau de definição do Modelo.

### 3.4 Advance Steel / Robot Analysis (LOD 300)

O primeiro aspeto neste novo nível de definição LOD é a falta integral de todos os elementos realizados através de macros paramétricas, ligações aparafusadas, assim como a remoção dos perfis de revestimento da Nave. No entanto, acrescentaram-se novos elementos do Advance Steel por forma a verificar a interoperabilidade dos mesmos, tais como: aplicação de lajes e escadas metálicas.

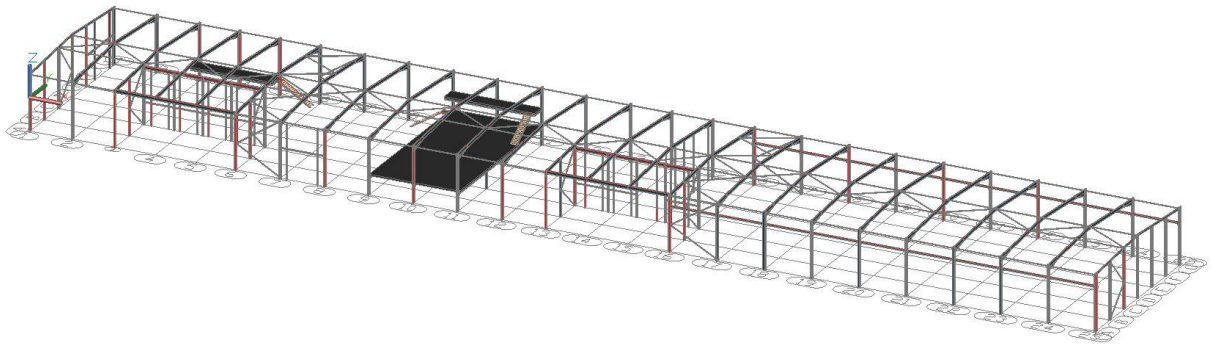


Figura 25 – Advance Steel 2016 – Visão geral do Modelo em LOD 300

Nas figuras seguintes pode-se verificar o nível de detalhe existente neste novo teste de interoperabilidade, contendo um certo grau de definição, onde se verificam somente elementos de viga e de chapa.

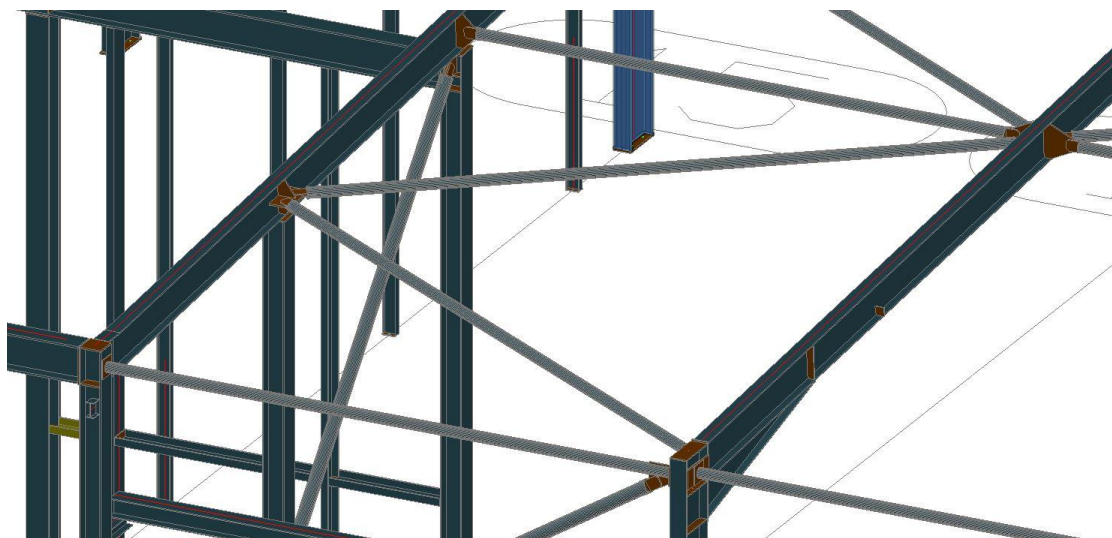


Figura 26 – Advance Steel – Visão parcial dos elementos

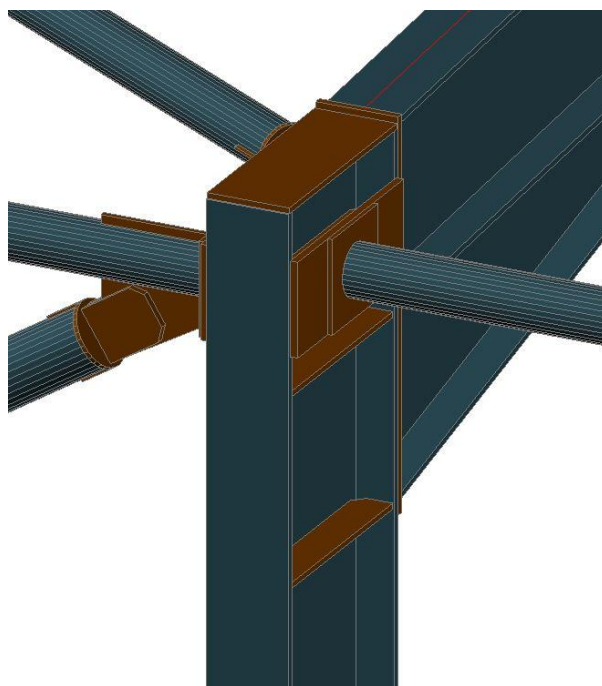


Figura 27 – Advance Steel 2016 – Elementos de ligação

Depois da exportação do Modelo para o RSA 2016 na extensão SDNF podemos constatar que, apesar da diminuição do nível de informação, existem diversos elementos em falta quando comparados com o modelo importado do Advance Steel 2016, tais como: chapas, perfis tubulares e certos perfis que apresentam uma dimensão final incompleta, além de outros elementos em falta que iremos ver de seguida.

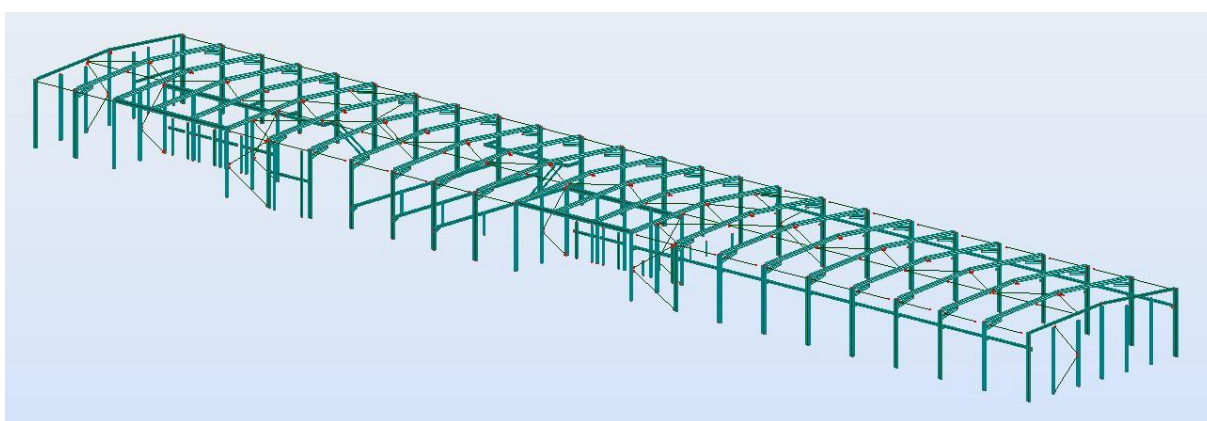


Figura 28 – RSA 2016 – Visão geral do modelo LOD 300



Após a análise mais detalhada do modelo, podemos verificar as modificações existentes ao nível da cartela do pórtico que passou a conter um elemento de viga reto e deslocado em relação ao seu ponto de origem.



Figura 29 – Visão parcial dos elementos

A cada ampliação do detalhe vamos verificando outras incompatibilidades existentes na importação, tal como o pilar de suporte das asnas que se encontra rodado 90° em relação ao modelo inicial.

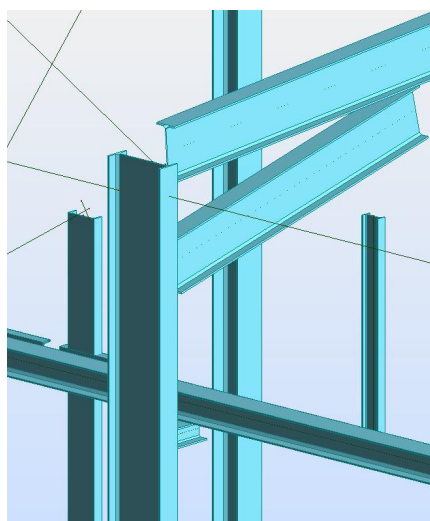


Figura 30 – RSA 2016 – Elementos de ligação

Após a interoperabilidade entre softwares com um grau de detalhe LOD 300 pouco satisfatório, foi realizada uma redução do número de LOD para 200, mantendo-se assim o mesmo grau de insatisfação para prosseguir com este método para uma análise no RSA 2016. Desta forma, foi necessário alterar o procedimento utilizado na interoperabilidade entre softwares para que esta se torne satisfatória.

### 3.5 Modelação do modelo em CAD

Atualmente realizou-se um teste de interoperabilidade no qual, a partir de um modelo com um nível de detalhe elevado, se tentou interagir com outro software, por forma a verificar o nível máximo de informação passível de ser transferido com sucesso. Dado o grau pouco satisfatório dos ensaios anteriores, iremos iniciar o Modelo através de uma modelação CAD e com um nível de LOD 100, de forma a poder-se verificar, de uma forma exponencial, a quantidade de informação possível de se importar com precisão.



Figura 31 – Fluxo de trabalho – Autocad, AS 2016, RSA 2016

Deste modo iniciou-se o Modelo em Cad 3D a partir de elementos de linha que não contêm qualquer tipo de informação ou inteligência associada. Os elementos de linha correspondem às linhas de eixo, posicionadas exatamente nos mesmos locais no Modelo inicial.

### Desenho do modelo 3D em CAD:

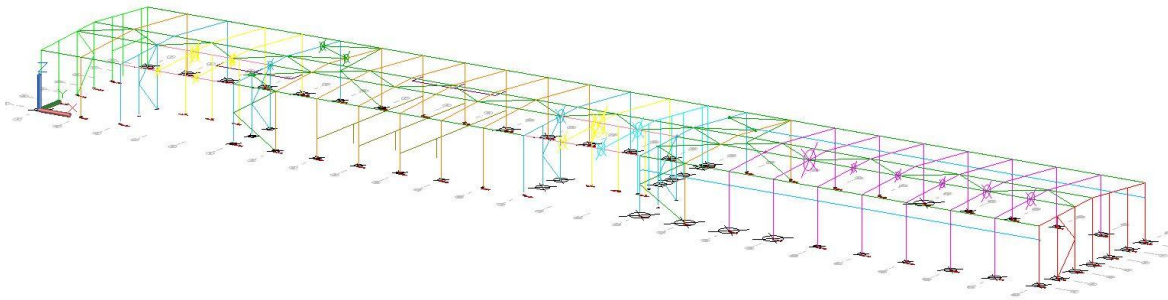


Figura 32 – AutoCad 2016 – Linhas de eixo

### 3.6 Interoperabilidade do modelo em CAD com o AS2016

Após a conclusão do Modelo em CAD foi importado em formato DWG para o AS 2016. Verificou-se que apresentava a devida informação realizada no software CAD, contendo as mesmas distâncias e posicionamentos definidos. Desta forma, procedeu-se à definição de cada elemento de linha correspondente a um determinado tipo de perfil paramétrico, obtendo-se assim, um acréscimo substancial de informação no modelo possibilitando assim a passagem de um nível de LOD 100 para LOD 300.

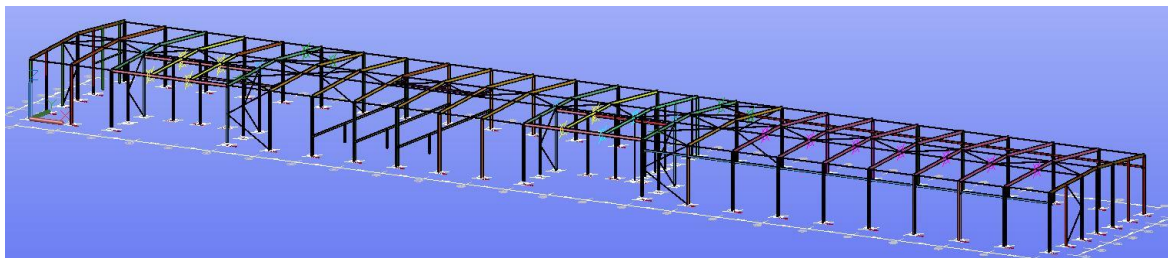


Figura 33 – Advance Steel 2016 – Somente perfis

#### 3.6.1 Interoperabilidade do modelo em AS 2016 com o RSA 2016

Após a importação do Modelo do AS 2016 para o RSA 2016 através da extensão SDNF, é possível verificar que todos os elementos importados se encontram visíveis, assim como contendo os mesmos tipos de perfis inicialmente definidos.

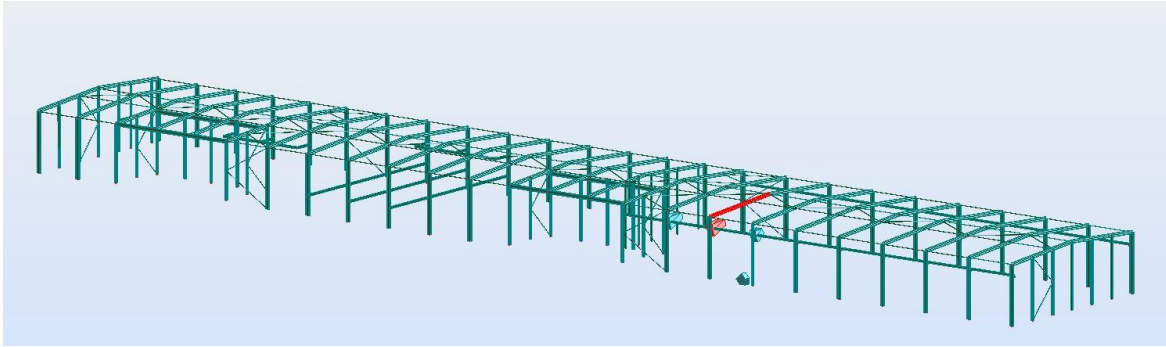


Figura 34 – Modelo Robot

Todavia, após a ampliação do modelo, podemos verificar que os pilares dos pórticos se encontram rodados 90° em relação ao estilo inicialmente aplicado, algo que já se tinha verificado no primeiro ensaio realizado (ver ponto 3.3). Mais adiante iremos tentar perceber como resolver este tipo de situação, quanto à modelação dos pilares nos pórticos no Advance Steel.

Outro dos aspetos que podemos verificar no RSA 2016 surge aquando da aplicação de cartelas no modelo, constatando-se a existência de incompatibilidade ou impossibilidade da criação das cartelas no RSA de um modelo importado no formato SDNF. Como podemos verificar na figura 36, a cartela toma uma geometria em forma de caixas. Mais à frente iremos ver como resolver este tipo de situação na modelação das cartelas no RSA 2016.

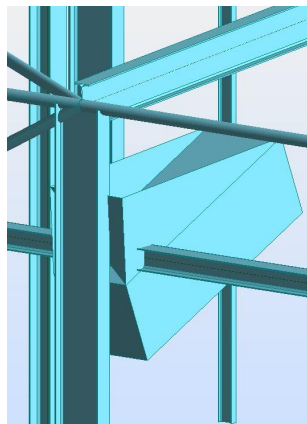


Figura 35 – Pormenor Robot Structure Analysis

Foram realizados uma série de ensaios no AS 2016 por forma a verificar-se o porquê da rotação dos pilares no ato da importação.

Para simplificar o estudo da rotação a 90° do pilar foi realizado um Modelo menos complexo, visto que, neste momento, o importante seria descobrir este pequeno detalhe na importação de elementos.

Uma das principais atenções neste estudo foi a orientação do eixo de coordenadas global do Modelo e local do elemento.

Como podemos verificar na figura 37, no Modelo realizado inicialmente o nosso eixo X encontra-se perpendicularmente a alma do pilar, sendo eixo de maior inércia do mesmo, e o eixo Z direcionado para cima.

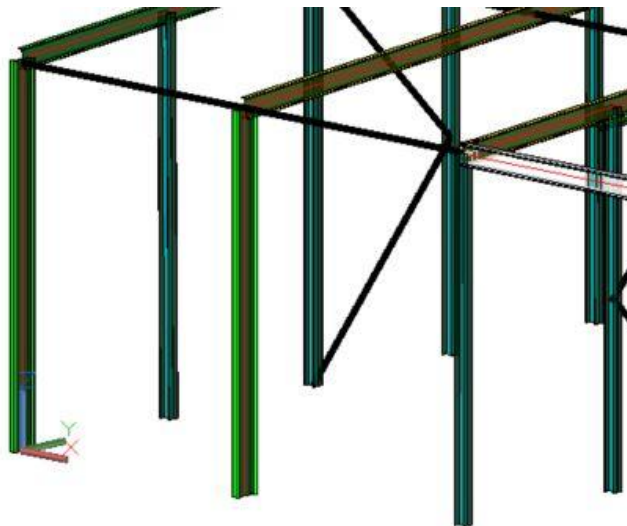


Figura 36 – Pormenor da orientação do UCS no Advance Steel

Após uma análise mais detalhada do Modelo iremos verificar o que acontece após a importação do mesmo para o RSA 2016.

Ao importar o Modelo para o RSA 2016 podemos verificar que o eixo X do pilar, assim como os restantes pilares, encontra-se orientado no mesmo sentido em que se encontrava inicialmente antes da mesma. Com isto constata-se que houve uma rotação

de 90° dos pilares dos pórticos em relação à asna algo que não se verificava no nosso Modelo importado.

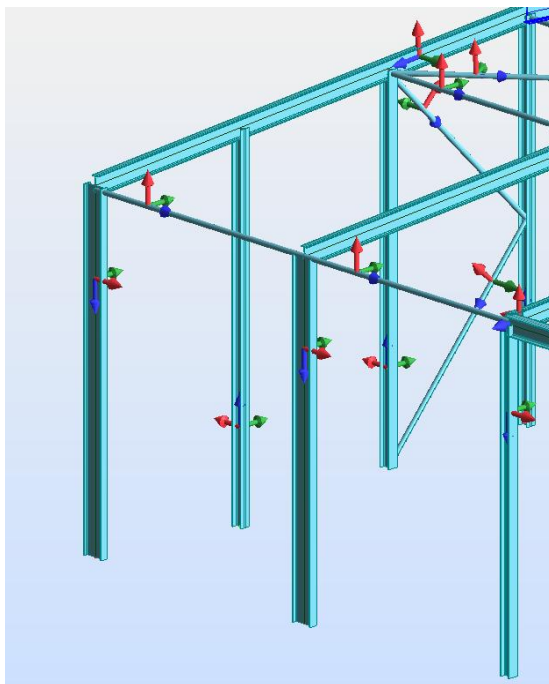


Figura 37 – Pormenor da orientação do UCS no RSA

Numa segunda fase, todo o Modelo foi rodado 90°. Desta forma o eixo de coordenadas Y passou a ser o eixo de maior inércia nos pilares dos pórticos, como podemos verificar nas figuras abaixo.

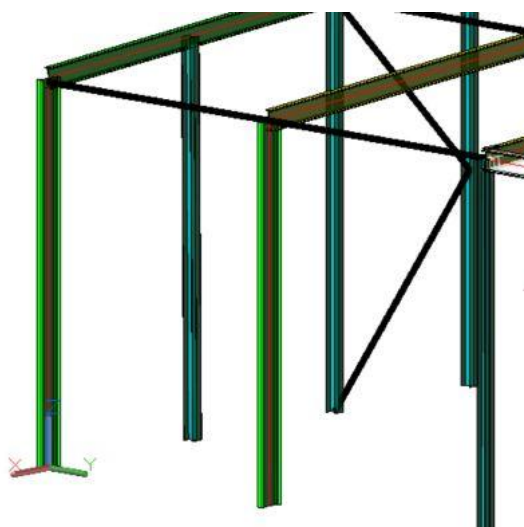


Figura 38 – Pormenor da orientação do UCS no Advance Steel

Depois do ajuste da orientação do eixo global do Modelo podemos verificar que todos os pilares se encontram orientados no mesmo sentido, mesmo os pilares acompanharam a orientação dos eixos. Desta forma, verificamos a necessidade de se reajustarem os eixos.

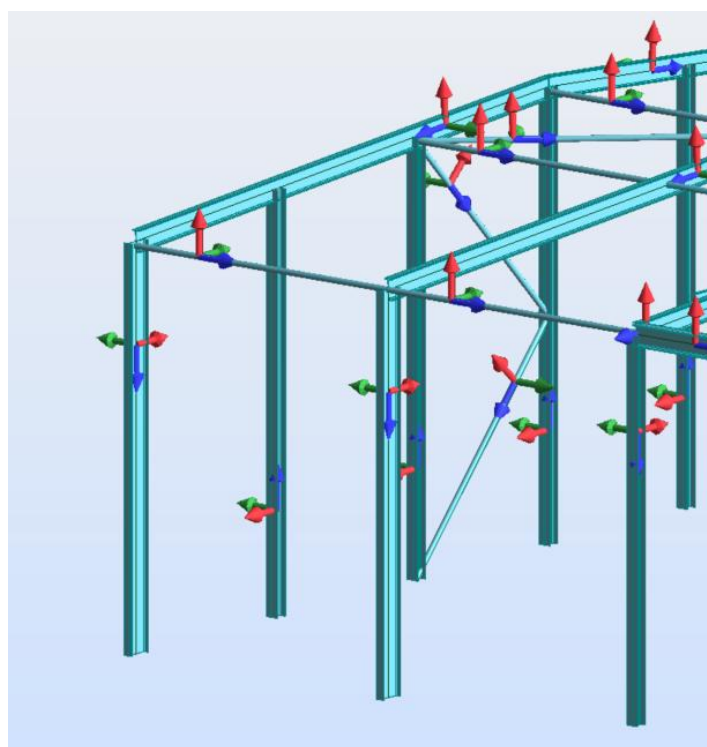


Figura 39 – Pormenor da orientação do UCS no RSA

Após a importação foi verificado a colocação de cartelas nos pórticos por forma a atestar o grau de interoperabilidade existente no Modelo. Verificou-se que o RSA não implementa as cartelas com rigor como seria desejado neste ensaio, como podemos verificar na figura 41.

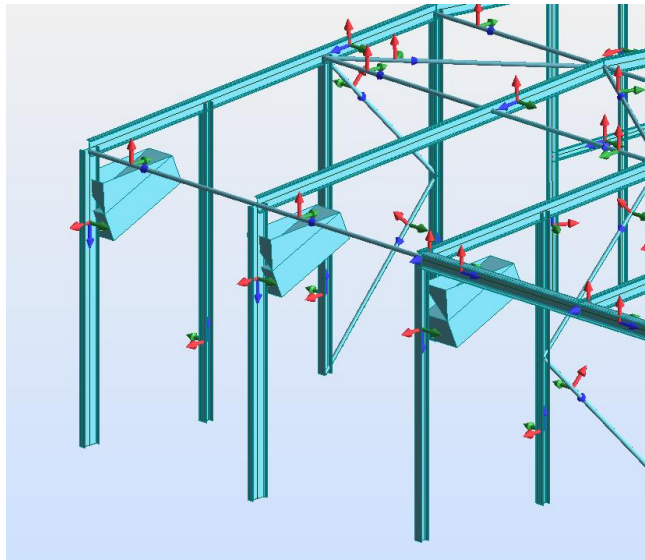


Figura 40 – Pormenor das cartelas realizadas no RSA após importação do Advance Steel

No entanto, recorrendo ao Forum da Autodesk por forma a averiguar se este tipo de problema já tinha ocorrido em outros utilizados destes softwares, colocou-se a seguinte questão: “Embora contenha a mesma geometria em ambos os softwares (Advance Steel VS Robot Structure Analysis) porque é que nos perfis importados pelo Advance Steel não é possível aplicar cartelas?”. [22]

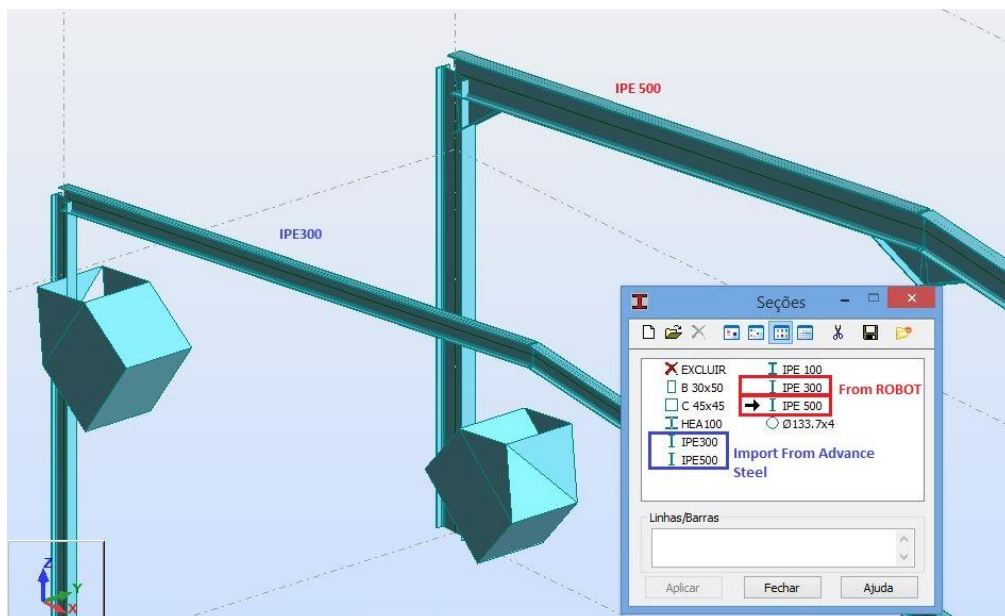


Figura 41 – Exemplo na indefinição das cartelas.



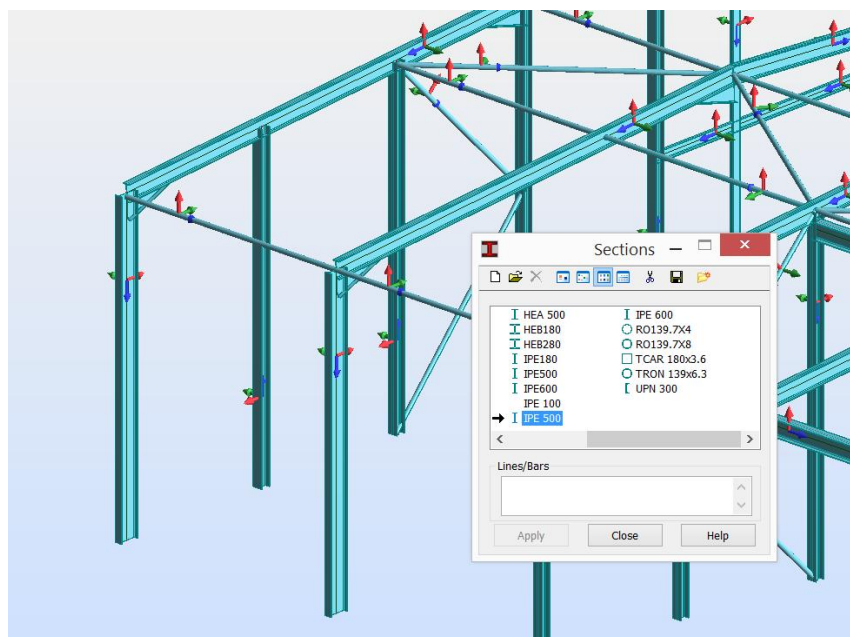


Figura 42 – Aplicação de materias existentes do RSA no Modelo importado.

Obteve-se uma resposta do Forum da Autodesk que propunha a realização de um ajuste no configurador das cartelas do RSA. Ao invés de inserir valores relativos tentar com valores absolutos. E assim foi, existiram algumas melhorias em termos visuais, no entanto ainda insuficientes para o dimensionamento.

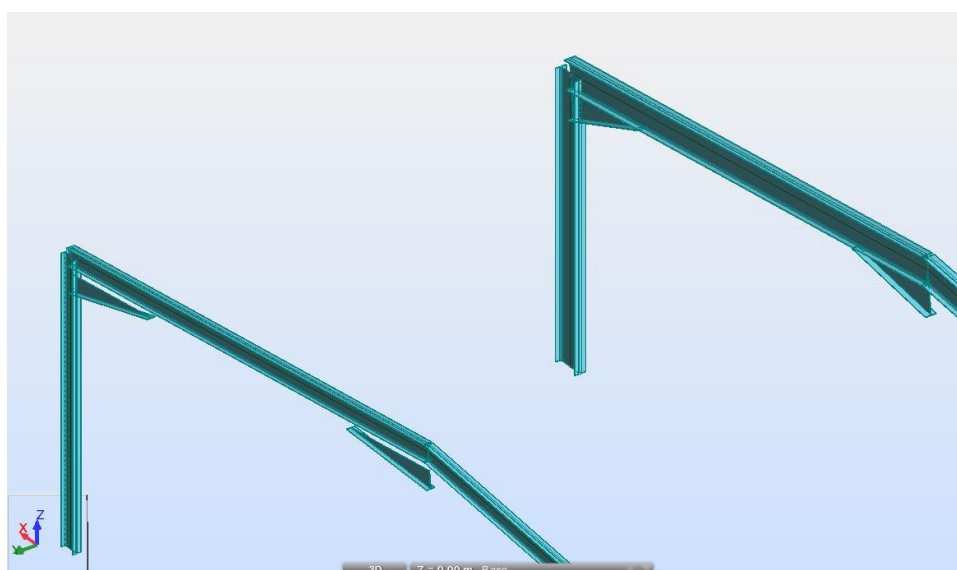


Figura 43 – Outro exemplo na indefinição das cartelas

Após diversas tentativas sem sucesso, verificaram-se as propriedades existentes nos elementos importados. Como se pode visualizar na figura 45, o Modelo importado importou os elementos posicionados nos devidos locais com as respetivas dimensões e designações mas sem conter qualquer tipo de informação do elemento. Algo que no processo BIM é indispensável.

POLY (cm)	POLY_N	E (MPa)	G (MPa)	NI	LX (1°PC)	RO (km³)	Re (MPa)	RE_BENDIN G (MPa)	RE_AXCOMP (MPa)	RE_AXTENS (MPa)	RE_TRCOMP (MPa)	RE_TRTENS (MPa)	RE_SHEAR (MPa)	Tipo	Un
N/A	N/A	N/A	N/A	JA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
N/A	N/A	N/A	N/A	JA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
N/A	N/A	210000.00	80800.00	30	0.00	77.01	255.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	N/A	N/A

Figura 44 – Informação de elementos de viga após a importação.

No entanto, foi possível a aplicação de cartelas em todos os pórticos existentes no modelo, mas para tal foi necessário renomear as propriedades correspondentes do RSA em todos os perfis importados. Assim sendo, cai um pouco por terra a interoperabilidade, obrigando o utilizador a não poder confiar totalmente na importação e a ter de verificar se todo o Modelo se encontra conforme as propriedades dos perfis existentes no RSA 2016. Desta forma, o melhor será fazer o Modelo de raiz no RSA, de modo a garantir o controlo da sua modelação.

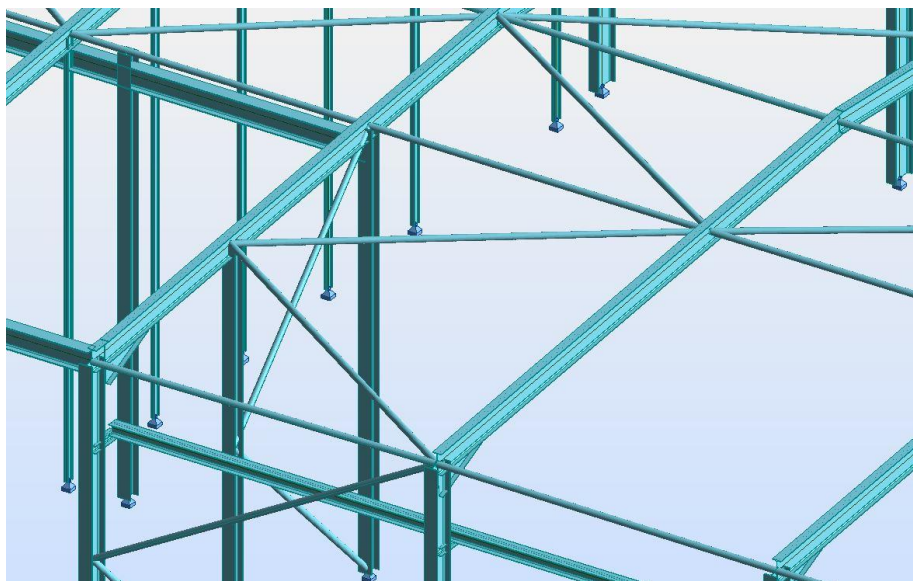


Figura 45 – Conclusão do Modelo no RSA 2016

### 3.6.2 Interoperabilidade do modelo em RSA 2016 com o AS 2016

Após a verificação da interoperabilidade existente entre o AS 2016 e o RSA 2016, iremos verificar a interoperabilidade do modelo ajustado no RSA com o AS 2016, por forma a verificar o nível de informação passível de ser transportada sem a existência de erros ou indefinições. Para a importação do Modelo do RSA para o Advance Steel continuou-se com a mesma extensão utilizada até ao momento “SDNF”.

No entanto é de salientar que para se exportar do RSA 2016 a extensão que se encontra disponível é “.S”. Para que tal extensão seja reconhecida pelo AS 2016 é necessário a renomeação da mesma passando a ser “.SDF” ao invés de “.S”, possibilitando assim a interoperabilidade entre os mesmos. Na figura 47 podemos visualizar o Modelo completo após a importação para o AS 2016.



Figura 46 – Modelo importado RSA 2016 para AS 2016

Após a visualização do modelo de uma forma abrangente foi realizada uma inspeção visual mais detalhada onde se verificou a inexistência das cartelas aplicadas no RSA 2016, assim como a deslocação de todos os elementos de perfil importados.

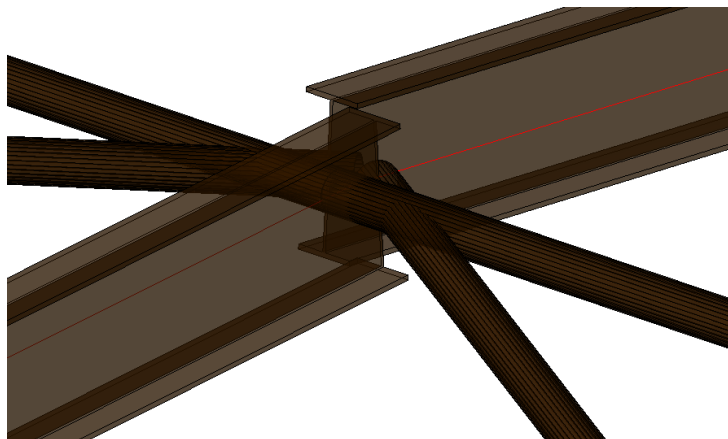


Figura 47 – Elementos descentrados após importação

Verificou-se em todo o Modelo se existia a possibilidade de repor todos os elementos nos seus devidos lugares. Conforme podemos verificar na figura 49 todos os elementos foram reposicionados nos seus devidos lugares.

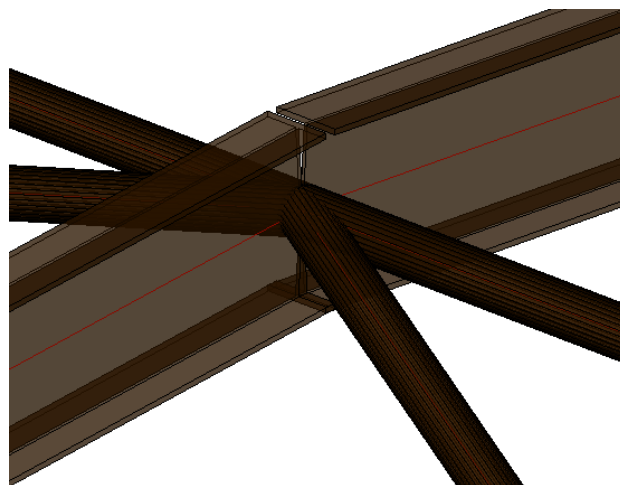


Figura 48 – Reposicionamento dos elementos nos eixos

Após o reposicionamento dos elementos foram aplicadas algumas macros paramétricas por forma a verificar se existia algum tipo de incompatibilidade nos elementos. No

entanto, posso confirmar que todas as macros aplicadas nos elementos foram reconhecidas com sucesso, tais como: sapatas, ligação pilar vs asna e na cumieira.

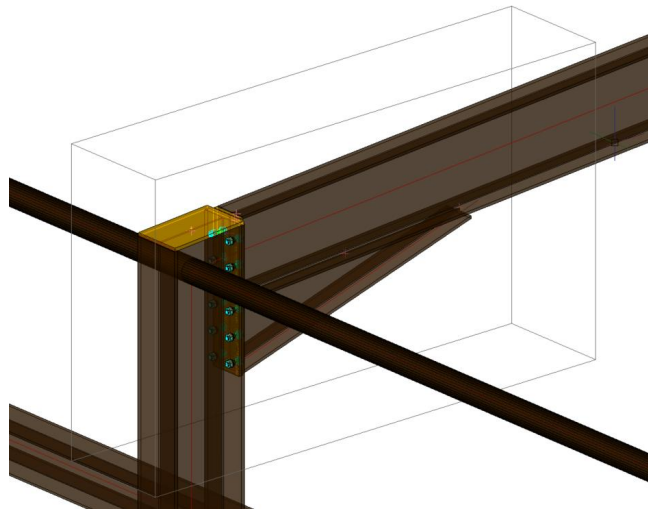


Figura 49 – Macro paramétrica

### 3.7 Desenvolvimento do Modelo no TEKLA 21

Neste novo item iremos abordar a interoperabilidade do Tekla Structures com o Robot Structure Analysis, por forma a verificar se existem algumas incompatibilidades como as existentes no caso de estudo anterior.

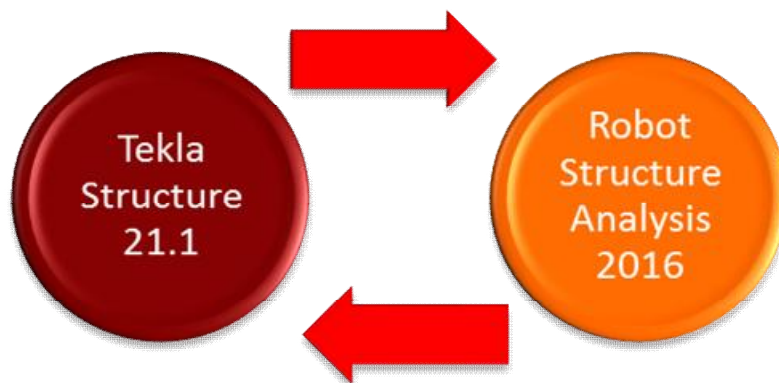


Figura 50 – Fluxo de trabalho Tekla vs. RSA 2016

Conjunto de formatos passíveis de serem exportados do Tekla: .dwg; .dxf; CIS/2; .xml; .IFC2x/IFC2x2/IFC2x3 .ifc; .sdnf; .stp, entre muitos outros.

Os passos seguidos para a Modelação da nossa estrutura no Tekla baseiam-se no mesmo princípio utilizado anteriormente, tendo importado o Modelo 3D CAD (LOD 100) para o Tekla e a partir do mesmo dar início a um acréscimo exponencial de informação até obtermos um nível de (LOD 300), mantendo assim o mesmo grau de exigência abordado anteriormente. Desta forma, deu-se início à implementação de todos os elementos de vigas com as mesmas características existentes no nosso Modelo da Lopes & Gomes.

Na figura 51 podemos visualizar a conclusão do nosso Modelo no Tekla 21 com um grau de definição de LOD 300.

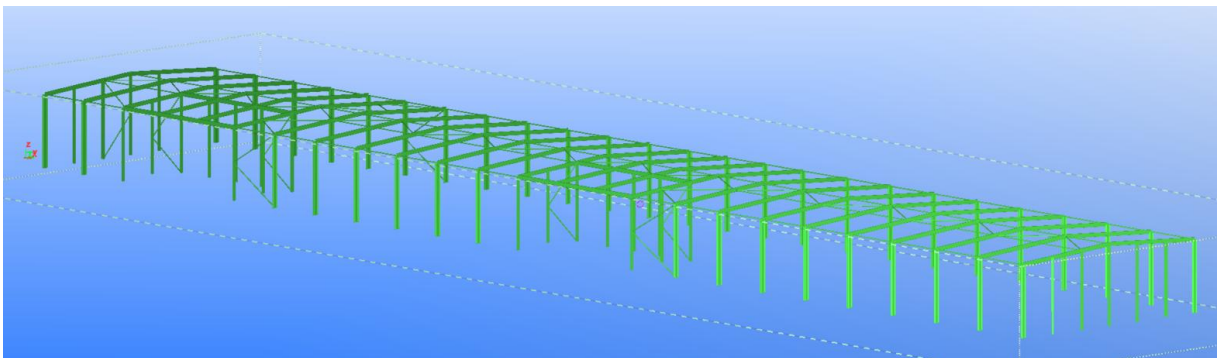


Figura 51 – Modelo realizado no Tekla

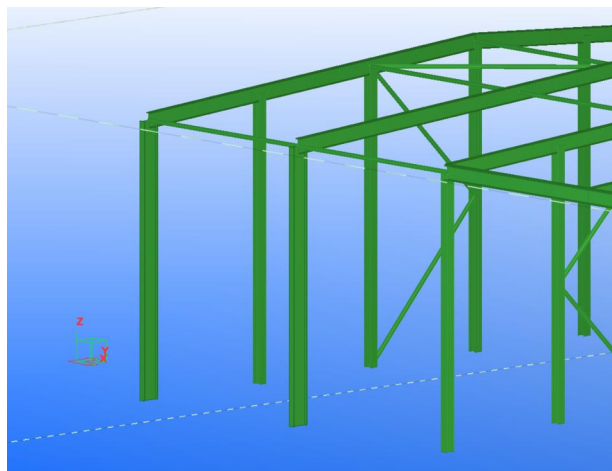


Figura 52 – Pormenor dos elementos

Após a importação do Modelo para RSA 2016, no formato IFC, verificou-se que determinados elementos não eram reconhecidos. O mesmo se aplicou a outros formatos tais como: SDNF e CIS/2.

### **3.7.1 Interoperabilidade do modelo em Tekla 21 com o RSA 2016**

Na verificação de interoperabilidade do Tekla 21 com o RSA 2016 em diversos formatos verificou-se alguma dificuldade no mesmo, dada a falta de certos elementos em certos casos e noutros devido à inexistência de qualquer elemento nos seguintes formatos: .IFC .SDNF .S .SDF.

No entanto, após consultar a Construsoft sobre as dificuldades encontradas na interoperabilidade entre o TEKLA e o RSA 2016, foi comunicada a existência de um Plugin específico neste tipo de interação entre estes dois softwares.

É de salientar que todos os softwares utilizados nesta dissertação são versões educacionais, isto é, o plugin específico para este tipo de interação disponibilizado pela Tekla Structure encontra-se somente disponível nos softwares licenciados. Desta forma, não foi possível responder com maior exatidão à interoperabilidade dos mesmos.

Apesar da inexistência do Plugin tivemos a possibilidade de interagir entre o Tekla 21 e o RSA 2016 no formato STP. Na figura 53 podemos verificar o ensaio de interoperabilidade realizado no formato STP.

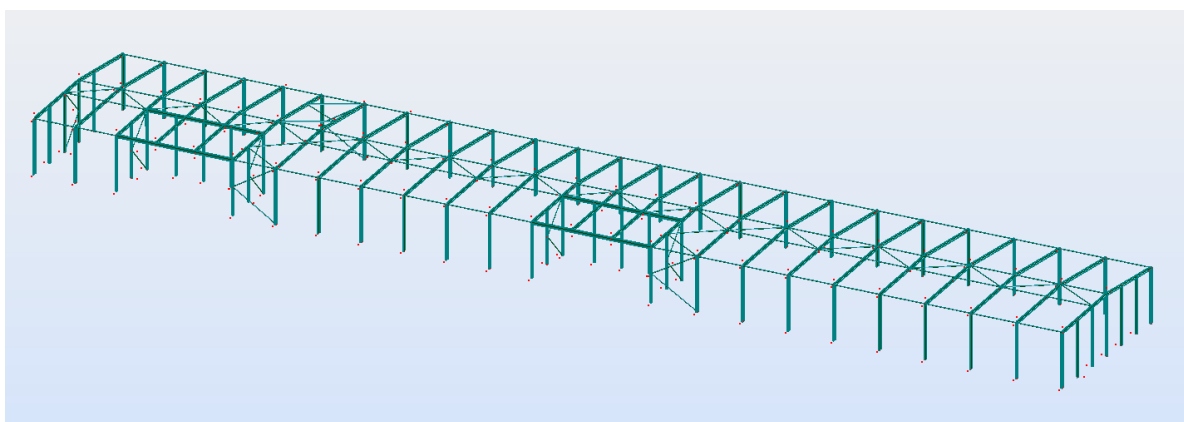


Figura 53 – Modelo importado do Tekla 21 para o RSA 2016 no formato STP

Podemos observar a existência de todos os elementos importados assim como a possibilidade de aplicação de cartelas logo após a importação do nosso Modelo.

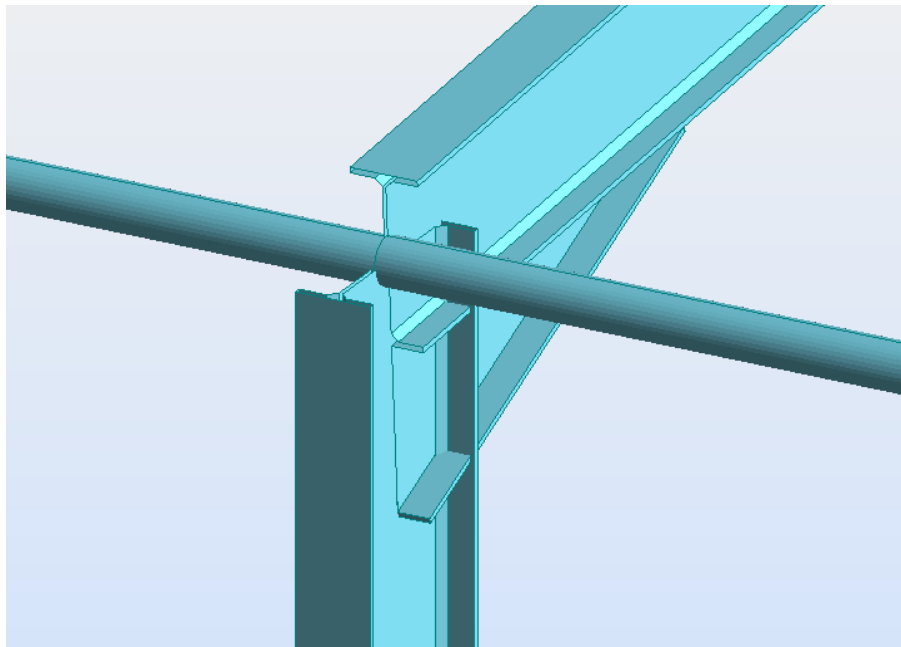


Figura 54 – Pormenor da aplicação de cartela no RSA

### **3.7.2 Interoperabilidade do modelo em RSA 2016 com o Tekla 21**

Apesar da necessidade de instalação do Plugin no Tekla Structure para a verificação da interoperabilidade entre o RSA 2016 e o Tekla 21, realizaram-se algumas tentativas de interoperabilidade nos seguintes formatos, SDF e STP (CIS/2). Iremos ver de seguida o resumo dos resultados obtidos.

No exemplo da figura 55 demos visualizar o modelo realizado no RSA 2016 com um grau de detalhe LOD 300 e importado para o Tekla 21 no formato SDF. Verificamos também a inexistência de determinados elementos de perfis, tais como: perfis I e dos perfis H.



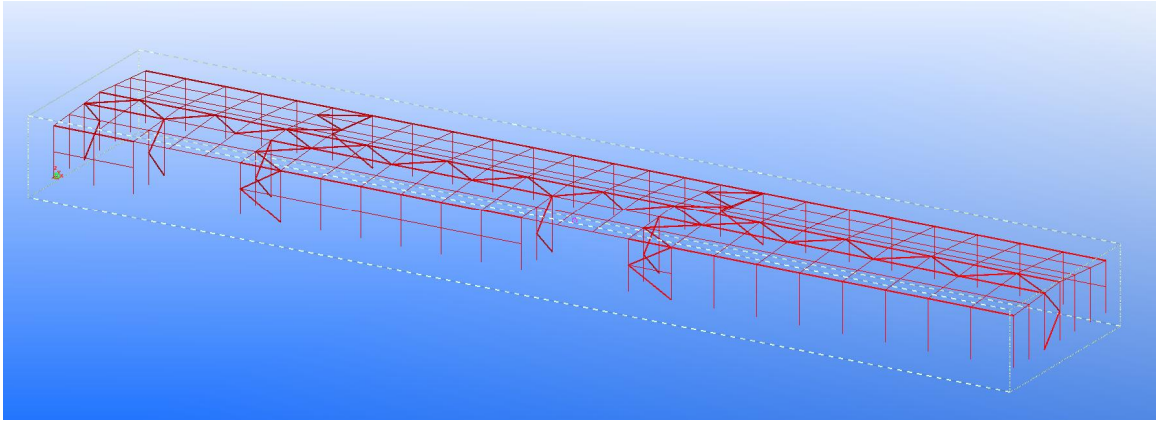


Figura 55 – Modelo importado do RSA 2016 para o Tekla no formato .SDNF

No exemplo da figura 56 podemos visualizar o Modelo realizado no RSA 2016 com o mesmo grau de detalhe, realizado no exemplo anterior, e importado para o Tekla 21 no formato STP.

Com esta análise verificamos que todos os elementos de perfis foram reconhecidos. No entanto, em todas as interseções existentes, todos os elementos de viga foram descontinuados ou criados vários elementos de viga com um (Split).

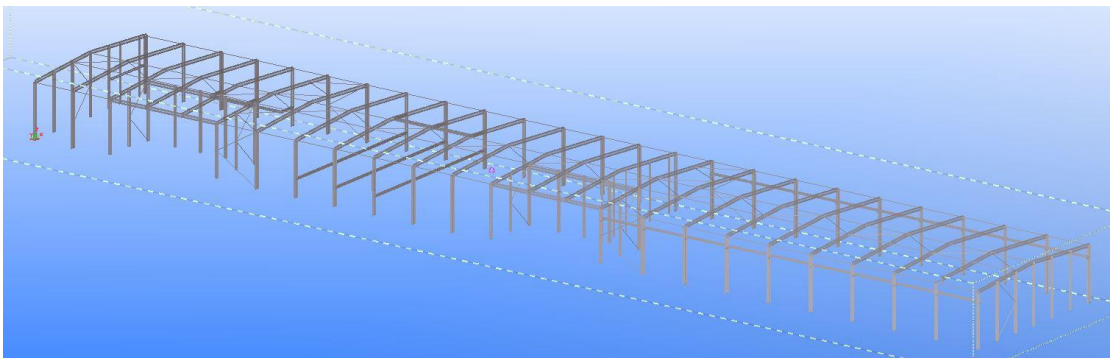


Figura 56 – Modelo importado do RSA 2016 para o Tekla no formato .STP

### **3.8 Listagem das dificuldades encontradas**

No sentido de cumprir os objetivos deste trabalho serão mencionadas algumas recomendações do projeto, assim como algumas das dificuldades encontradas nos ensaios de interoperabilidade entre os softwares utilizados neste caso de estudo.

### **3.8.1 Advance Steel 2016 / Robot Structure Analysis 2016**

Na importação do Modelo realizado no Advance Steel 2016 para o Robot Structure Analysis 2016 foram diversas as dificuldades encontradas, tal como se pode verificar nos pontos seguintes:

- Alteração da extensão do formato .SDNF para .SDF;
- Mudança da orientação dos pilares após importação;
- Perda de informação dos elementos após a importação;
- Necessidade de atribuir novos elementos de viga no RSA do Modelo importado.

### **3.8.2 Robot Structure Analysis 2016 / Advance Steel 2016**

Na importação do Modelo realizado no Robot Structure Analysis 2016 para o Advance Steel 2016 foram igualmente encontradas algumas dificuldades, tais como:

- Descentralização dos elementos em relação à linha de eixo dos mesmos;
- Perda de informação das cartelas;



# 4. Considerações Finais

## 4.1 Conclusões

A pesquisa elaborada nesta dissertação possibilitou perceber a grande importância da implementação do BIM ao nível mundial. Em vários países já se fala do BIM e em muitos outros já se trabalha com o mesmo. De facto a metodologia demonstra ter um grande interesse ao nível de interoperabilidade, colaboração e cooperação entre os diferentes intervenientes do projeto.

Apesar de existirem algumas iniciativas internacionais no sentido de se criarem requisitos para a aplicação do BIM em projetos, a definição de regras de modelação associadas não se encontra ainda satisfatoriamente desenvolvida.

Existem uma série de normas e formatos onde se constata uma grande vontade de evoluir. No entanto, a referida evolução irá demorar alguns anos até que se concretize efetivamente nas diferentes plataformas e regras existentes ao nível mundial.

O caso de estudo utilizado nesta dissertação foi ao encontro de um exemplo bastante utilizado na indústria da metalomecânica, por forma a verificar-se a real dificuldade encontrada aquando da interoperabilidade de softwares BIM. Verificou-se um conjunto de barreiras não divulgadas que vêm, neste trabalho, destacar a existência de evolução no sentido do “Building Informatio Modeling” mas que ainda necessita de melhorias de

modo a torná-lo mais credível na indústria e a tornar a sua utilização de interoperabilidade mais fácil e intuitiva.

Constatou-se, com este caso de estudo, que o modelo de interação ideal que se tenta passar no comércio da indústria de Modelação 3D, onde todos podem partilhar os seus ficheiros com outras plataformas através de outros formatos, ou a de trabalhar com uma equipa num determinado Modelo em simultâneo, necessita de ser aperfeiçoada ao nível de interoperabilidade, normas, formatos e métodos que ditem os passos a seguir para um funcionamento pleno do BIM.

Quando se tenta interagir ferramentas de desenho paramétrico 3D com ferramentas de modelação e análise estrutural por elementos finitos, surgem algumas dificuldades nomeadamente: alteração da extensão do formato .SDNF para .SDF; mudança da orientação dos pilares após importação; perda de informação dos elementos após a importação; necessidade de atribuir novos atributos aos elementos do Modelo importado; descentralização dos perfis, entre outras.

Os dados recolhidos neste estudo indicam que o estado de implementação da metodologia BIM em Portugal está ainda numa fase “rudimentar”. No entanto, através da consciencialização dos intervenientes no setor AEC, a evolução deste conceito é de grande importância quer para a indústria em si e seus elementos constituintes, quer para a estratégia de posicionamento de Portugal a nível global, neste âmbito.

De um modo geral conclui-se que, um fator determinante para o sucesso da implementação de BIM em Portugal será a aposta em ações de formação e guias de ações, com vista a um aumento progressivo de níveis de conhecimento e maturidade entre parceiros e utilizadores. Assim, acredita-se que é verdadeiramente importante desenvolver um trabalho de divulgação e formação, assente nos aspetos da qualidade do produto final que a metodologia BIM promete poder oferecer.

O propósito desta dissertação não é a comparação destes programas e fazê-los competir, mas sim, permitir ilustrar o comércio prático e a complexidade no estado atual de desenvolvimento do software na área de importação e exportação de objetos.

## **4.2 Desenvolvimentos Futuros**

No decorrer desta dissertação surgiram dificuldades que facilmente podem ser encontradas no dia-a-dia em gabinetes de projeto que utilizam softwares BIM. Procurou-se por diversos meios contornar todos os obstáculos que foram surgindo nesta dissertação por forma a atingir um resultado final fiável. Percebe-se que há ainda muito a fazer relativamente à interoperabilidade entre softwares BIM no entanto, pela limitação de tempo, não foi possível explorar tudo o que se pretendia, como é o caso da interação entre o Revit Architecture e o Robot Structure Analysis, entre outros, dentro do período expectável para o desenvolvimento da dissertação. Para além de ainda existir muito por explorar na questão da interoperabilidade entre diversos softwares BIM existentes no mercado, há também a necessidade de desenvolver outros modelos de workflow que permitam visualizar os critérios de modelação mais apropriados, promovendo assim a difusão desta tecnologia nas diferentes especialidades existentes.

Neste sentido, considero que o BIM tem forçosamente de passar pelo meio académico, através da preparação e formação dos estudantes, tornando-os capazes de saírem para o mercado de trabalho com competências e conhecimentos específicos para utilizarem as metodologias BIM. Há a necessidade de um maior investimento em formações, seminários e workshops para que a partilha e troca de conhecimentos seja cada vez maior e para que o interesse sobre este tema aumente ou desperte no seio académico.

## *Referências Documentais*

- [1] Otero, Ricardo Daniel Fernandes, Otimização do planeamento dos trabalhos MEP com recurso a modelos BIM, Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, 2014.
- [2] Wong, A. K. D., Wong, F. K. W., & Nadeem, A. (2010). Attributes of building information modelling implementations in various countries. *Architectural Engineering and Design Management*, 6(Special issue), 288–302.
- [3] Silva, Jorge Miguel Santos. Princípios para o desenvolvimento de projetos com recurso a ferramentas BIM, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia do Porto (FEUP), 2013.
- [4] Sampaio, Nuno Miguel Gonçalves Russell. Metodologia de controlo da qualidade de modelos BIM para análises 4D e 5D, Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, 2014.
- [5] Freitas, Gonçalo Andrade Freitas. Metodologia BIM – uma nova abordagem, uma nova esperança. Dissertação de Mestrado, Universidade da Madeira, 2014.
- [6] Pissarra, Nuno Miguel de Matos. Utilização de plataformas colaborativas para o desenvolvimento de empreendimentos e engenharia, Dissertação de Mestrado, Universidade Técnica de Lisboa, 2010.
- [7] NBIMS. (2013). National BIM Standard - United States Version 2. National Institute of Building Sciences buildingSmart Alliance.
- [8] BCA. (2013). Singapore BIM Guide, Version 2. BCA - Building and Construction Authority. BCA - Building and Construction Authority.
- [9] Caires, B. (2013). BIM as a tool to support the collaborative project between the Structural Engineer and the Architect. Universidade do Minho.
- [10] <https://www.aisc.org/content.aspx?id=26044>, Maio 2015.
- [11] <http://objectif-bim.com/index.php/technologie-bim/interoperabilite-echange-des-donnees-bim/openbim-buildinsmart>, Agosto 2015.
- [12] <http://objectif-bim.com/index.php/technologie-bim/interoperabilite-echange-des-donnees-bim/openbim-buildinsmart/format-ifc>, Agosto 2015.
- [13] <http://www.laurenti.com/publis/bimsbook.pdf>, Julho 2015.
- [14] <http://objectif-bim.com/index.php/technologie-bim/interoperabilite-echange-des-donnees-bim/openbim-buildinsmart/bcf-format-de-collaboration-bim>, Julho 2015.

- [15] <http://villagebim.typepad.com/villagebim/2012/09/le-bim-progresse-en-europe-c-est-desormais-au-tour-de-la-finlande.html>, Maio 2015
- [16] <http://objectif-bim.com/index.php/technologie-bim/la-maquette-numerique/niveau-de-detail-de-la-maquette-numerique>, Agosto 2015
- [17] [http://www.territoires.gouv.fr/IMG/pdf/rapport\\_mission\\_numerique\\_batiment.pdf](http://www.territoires.gouv.fr/IMG/pdf/rapport_mission_numerique_batiment.pdf), Julho 2015.
- [18] [http://www.anacom.pt/render.jsp?contentId=962957#.VdrjX\\_IVhBc](http://www.anacom.pt/render.jsp?contentId=962957#.VdrjX_IVhBc), Maio 2015
- [19] [http://www.plage.com.pt/lang1/documentos\\_de\\_suporte.html](http://www.plage.com.pt/lang1/documentos_de_suporte.html), Julho 2015
- [20] <http://www.mediaconstruct.fr/sinformer/le-blog-du-bim/post/4602/mise-au-point-sur-le-bim-precision-reutilisation-accessibilite-et-collaboratif>, Junho 2015.
- [21] <http://pt.slideshare.net/MourtazaFIDAHOUSSENM/la-maquette-numrique-bim-pdf>, Agosto 2015.
- [22] <http://forums.autodesk.com/t5/robot-structural-analysis/advance-steel-to-robot/mp/5634302/highlight/true#M33866>, Maio 2015.
- [23] <http://www.connectandconstruct.eu/microsite/statsbygg.html>, Setembro 2015.
- [24] Khemlani, L. (2012). Around the World with BIM. AECbytes Magazine. Consultado em <http://www.aecbytes.com/feature/2012/Global-BIM.html>
- [25] <http://abcdblog.typepad.com/.a/6a01a73d6a1e00970d01bb085f6aa9970d-pi>, Maio 2015.
- [26] Finne, C. (2012). eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction. CRC Press. Consultado em <http://dx.doi.org/10.1201/b12516-74>>.Cap.
- [27] <http://www1.ipq.pt/PT/Site/Destaques/Pages/Paradigma-BIM-e-a-normalizacao-como-fator-de-competitividade.aspx>, Abril 2015.
- [28] General Services Administration. (2007). GSA Building Information Modeling Guide Series 01 – Overview. Washington, DC. Consultado em [http://www.gsa.gov/graphics/pbs/GSA\\_BIM\\_Guide\\_v0\\_60\\_Series01\\_Overview\\_05\\_14\\_07.pdf](http://www.gsa.gov/graphics/pbs/GSA_BIM_Guide_v0_60_Series01_Overview_05_14_07.pdf)
- [29] <http://objectif-bim.com/index.php/technologie-bim/interoperabilite-echange-des-donnees-bim>, Agosto 2015.
- [30] [https://www.buildingsmartcanada.ca/wp-content/uploads/2015/01/Roadmap-statement-of-Intent\\_v1.0.pdf](https://www.buildingsmartcanada.ca/wp-content/uploads/2015/01/Roadmap-statement-of-Intent_v1.0.pdf), Junho 2015.
- [31] [http://www.graitec.com/en/as\\_exchange\\_formats\\_overview.asp](http://www.graitec.com/en/as_exchange_formats_overview.asp), Abril 2015.
- [32] <http://objectif-bim.com/index.php/technologie-bim/interoperabilite-echange-des-donnees-bim/openbim-buildinsmart/format-ifc>, Agosto 2015
- [33] <http://objectif-bim.com/index.php/technologie-bim/interoperabilite-echange-des>



donnees-bim/format-green-building-xml-gbxml, Agosto 2015

[34] <http://www.citygml.org/>

[35] <http://www.landxml.org/>