

**O papel da documentação arquitetônica nos processos digitalmente mediados****The role of architectural documentation in digital mediated processes**

DOI:10.34117/bjdv6n3-370

Recebimento dos originais: 10/02/2020

Aceitação para publicação: 24/03/2020

**Thiago Henrique Omena**

Doutor em Arquitetura e Urbanismo pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – FAU USP. Docente na Universidade Federal do Tocantins – UFT. Curso de Arquitetura Urbanismo - CAU. Endereço: Quadra 109 Norte, Avenida NS-15, Plano Diretor Norte. CEP: 77.001-090. Palmas/TO  
E-mail: thomena@gmail.com

**Jeferson Bunder**

Mestre em Arquitetura e Urbanismo pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – FAU USP. Docente no Centro Universitário Sudoeste Paulista - FAU-UNIFSP. Endereço: Av. Prof. Celso Ferreira da Silva, 1001 - Jd. Europa. CEP: 18707-150, Avaré - SP  
E-mail: jefersonbunder@gmail.com

**RESUMO**

A produção arquitetônica vem passando por uma transformação relacionada ao processo, isto pode ser observado quando se analisa que a construção de edifícios já foi baseada na materialização de desenhos feitos em papel e, atualmente, vem sendo concebida, documentada, fabricada e montada com a ajuda de meios digitais. Este documento propõe uma revisão crítica, com base nas mudanças ocorridas no método projetual e na documentação, estabelecidas pela mediação digital do processo, a introdução do Algorithm Aided Design (AAD) e a adoção do Building Information Modeling (BIM). O foco desta revisão está na discussão de como fica a documentação arquitetônica após essas mudanças paradigmáticas ocorridas, que se relacionam diretamente com a interoperabilidade de dados e os níveis de maturidade de projeto. Com as discussões e reflexões apresentadas, percebe-se que os processos de projeto devem ser estudados como um sistema em rede e não como uma união entre fases distintas (processo em linha), além do fato de que a documentação do projeto depende do nível de maturidade ou nível de desenvolvimento (ND) do mesmo, bem como do processo utilizado durante o ato projetivo, como é o caso do algoritmo no AAD.

**Palavras-Chave:** Processo de projeto, BIM, documentação, níveis de desenvolvimento do projeto.

**ABSTRACT**

Architectural production has undergone a transformation related to the process, this can be seen when analyzing that the construction of buildings was already based on the materialization of drawings made on paper and, currently, it has been conceived, documented, manufactured and assembled with the help of digital media. This document proposes a critical review, based on changes in the design method and documentation, established by digital mediation of the process, the introduction of Algorithm Aided Design (AAD) and the adoption of Building Information Modeling (BIM). The focus of this review is on the discussion of what architectural documentation looks like after these paradigmatic changes have occurred, which are directly related to data interoperability and levels of project maturity. With the discussions and reflections presented, it is clear that the design processes must be studied as a networked system and not as a union between different phases (online process), in addition to the fact that the project documentation depends on the level of maturity or level of

development (ND) of the same, as well as the process used during the projective act, as is the case of the algorithm in the AAD.

**Keywords:** Design process, BIM, documentation, project development levels.

## 1 INTRODUÇÃO

É possível notar uma transformação considerável que vem ocorrendo durante as últimas décadas relacionada ao processo de produção arquitetônica. A substituição de desenhos por uma nova base de representação para o projeto, comunicação e construção dos edifícios é uma mudança revolucionária e que marca época, tanto na arquitetura como na indústria da construção em geral (EASTMAN, 2006).

Mitchell (2005) argumenta que a produção de edifícios já foi baseada na materialização de desenhos feitos em papel e atualmente essa produção vem sendo concebida, documentada, fabricada e montada com a ajuda dos meios digitais. O autor informa ainda que a arquitetura que emerge da era digital é caracterizada pelo seu alto nível de complexidade, permitindo maior precisão de respostas na contextualização do projeto.

Este documento propõe uma revisão crítica, com base nas mudanças ocorridas no processo projetual e na documentação, estabelecidas pela mediação digital do processo, a adoção do *Building Information Modeling* (BIM) e a introdução do paradigma de representação assistida por algoritmo, do inglês *Algorithm Aided Design* (AAD).

Para essa reflexão tomou-se como base os autores Mitchell (2005) e Eastman (2006) para introdução da discussão do processo de projeto; Menezes (2000) e Amorim (2017) como embasamento para o diálogo sobre documentação. Para os Níveis de Desenvolvimento (ND) utilizaram-se as publicações de AIA (2008), Owen *et al.* (2010) e Manzione (2013). Os processos digitais de projeto e desenho assistido por algoritmo foram discutidos com a abordagem de Oxman (2006), Terzides (2006) e Omena (2019). O *BIM Protocol Exhibit* (2008), *Caderno de Apresentação de Projetos em BIM* (2015) e a NBR 16.636 (ABNT, 2017), foram utilizados para reflexões de um novo modelo de padronização do processo.

O foco desta revisão está na discussão da documentação arquitetônica após essas mudanças paradigmáticas ocorridas, que se relacionam diretamente com a interoperabilidade de dados e os níveis de maturidade do projeto.

## 2 O DOCUMENTO QUE POSICIONAVA OS ELEMENTOS ARQUITETÔNICOS NO ESPAÇO

Acerca da definição do termo documentação arquitetônica Amorim (2017, p. 1) aponta que esta expressão consiste no “processo sistemático de aquisição, tratamento, indexação,

armazenamento, recuperação, disponibilização e divulgação de dados e informações, gráficas e não gráficas, bem como de seus metadados, sobre as edificações”.

É possível perceber que a construção do pensamento sobre este tema possui múltiplas variáveis, como demonstrou Amorim (2017) em sua minuciosa descrição; deste modo, o presente trabalho delimita a discussão sobre documentação a partir dos elementos que se relacionam com os níveis de definição, entregáveis, durante o processo de projeto utilizados como documentos que detalham a edificação.

Isto posto, Menezes (2000) afirma que historicamente, a documentação do projeto tem início após o advento da perspectiva, sendo esta a primeira sistematização de representação e documentação na arquitetura, haja vista que anteriormente não eram encontrados registros (projetos) das edificações, pois os detalhes construtivos eram decididos em reuniões diárias na Loggia<sup>1</sup>.

Foi a pesquisa de Girard Desargues sobre projeções geométricas que culminou, em 1636, na primeira teoria de perspectiva que considerava um observador colocado no infinito: o *Manière universelle*, conforme apontamentos do mesmo autor. Com o auxílio da perspectiva, era possível definir (ou documentar), através do desenho, o posicionamento dos elementos de um projeto arquitetônico, facilitando a explicação de como um projeto deveria ser executado. Era o início do uso metodológico<sup>2</sup> da geometria utilizada para projetar ou: geometria projetiva.

A redução de objetos de três dimensões para duas, foi possível justamente por conta da geometria descritiva, visto que possibilitou maior controle e precisão, permitindo o processo de produção seriada, conforme Meneses (2000) que também defendeu a Revolução Industrial como o fato que catalisou o desenvolvimento técnico e, o desenho técnico por consequência. Este também foi o período que foi inserida a geometria descritiva como disciplina obrigatória para arquitetos e engenheiros.

### **3 O AMBIENTE DIGITALMENTE MEDIADO E A DOCUMENTAÇÃO**

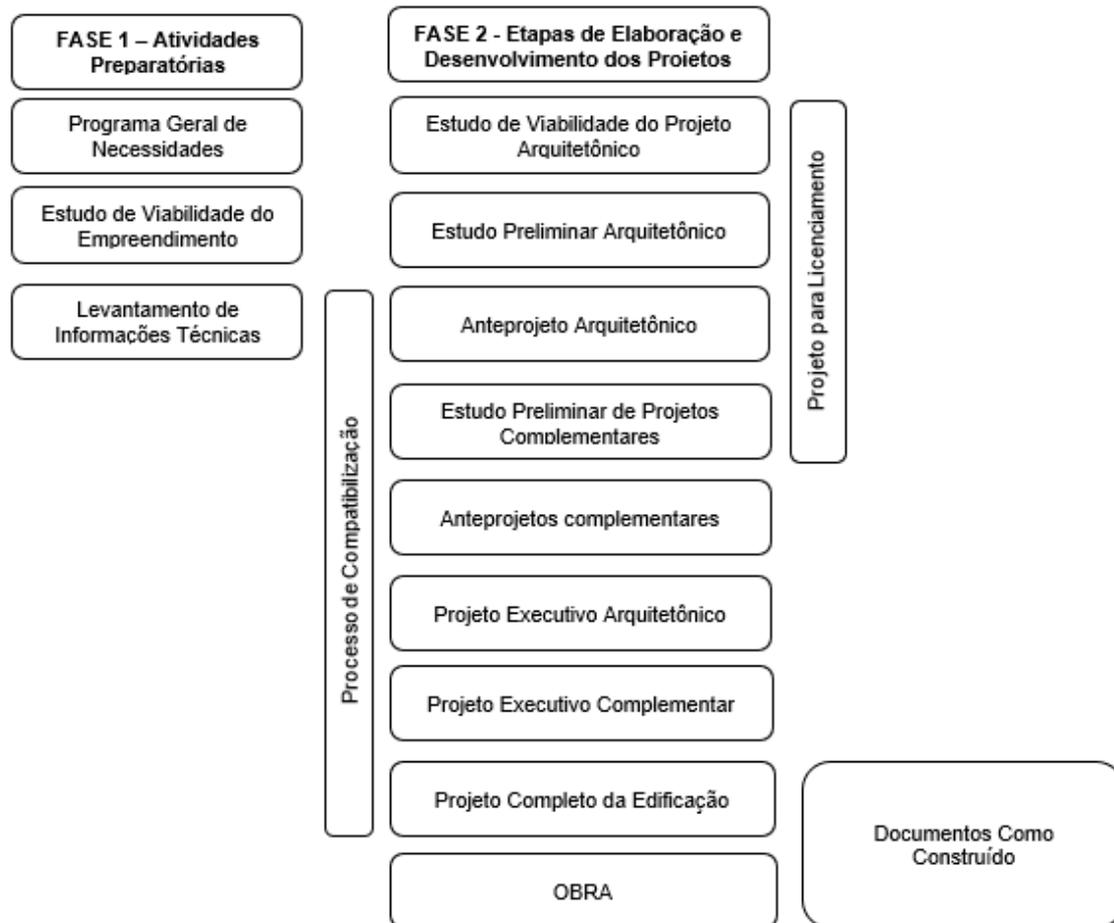
Visando atrelar a discussão do processo de desenvolvimento do projeto com a normatização, é preciso pontuar que a NBR 16.636 (ABNT, 2017) afirma que o projeto arquitetônico é a parte central do projeto completo de uma edificação, dentro de um conjunto de projetos de especialidades. Esses projetos devem ser desenvolvidos por meio de uma abordagem evolutiva, caracterizada por etapas e fases, considerando atividades complementares em momentos simultâneos, conforme figura 1.

---

<sup>1</sup> Local de trabalho, no canteiro de obras, onde se reuniam diariamente os mestres de projeto e execução para decidir detalhes construtivos (BICCA, 1984).

<sup>2</sup> No início do movimento renascentista, os pintores estavam preocupados com a qualidade da sua representação tridimensional (não satisfeitos com a representação euclidiana), estes pintores buscavam expressar o efeito de profundidade com linhas de projeção, método chamado de projeção cônica, onde a pintura seria uma seção deste cone pelo plano da tela (LEITE, 2016).

Figura 01- Fases do Projeto Arquitetônico e Complementares da Edificação



Fonte: NBR 16.636 (ABNT, 2017)

Essas etapas, demonstradas na figura 1, são organizadas em sequência, de forma a atender aos requisitos a serem considerados, de acordo com o objetivo do projeto arquitetônico, e da construção, mantendo-se a sua conformidade com as determinações e condicionantes técnicas e legais envolvidas. Nessa norma, em cada uma dessas fases são definidas e determinadas as informações técnicas passíveis de serem apresentadas/entregadas/documentadas.

Barros e Sakurai (2016) informam que as etapas presentes nas normas brasileiras são frequentemente utilizadas na área de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operações (AECO) e tem equivalentes em diversos países, como o Reino Unido, França e Canadá. Ao analisar equivalente britânico, o *Plan of Work* do RIBA (*Royal Institute of British Architects*), Lawson (2011) evidencia que o objetivo desse modelo é mostrar os produtos e serviços que devem ser entregues em cada etapa, o que demonstra o foco na gestão do projeto, na comunicação entre os agentes envolvidos e a interdependências entre etapas além dos documentos e produtos esperados.

Com o surgimento da computação, e a democratização do uso dos computadores de baixo custo em 1960, o ambiente digital passou a ser utilizado com o intuito de otimizar a representação e o processo de produção projetual. Os documentos que definiam e caracterizavam a arquitetura se alteravam vagarosamente, entretanto, a mediação, modificava-se em ritmo acelerado.

No início da mediação digital os computadores e os softwares de *Computer Aided Design* – (CAD) eram empregados como uma espécie de prancheta digital e, mais tarde, as questões que envolviam a arquitetura e o ambiente digital evoluíram de tal modo que passaram a se concentrar na capacidade das novas tecnologias de remodelar os meios pelos quais seria possível conceber e produzir a arquitetura (MEREDITH, 2008; SGUIZZARDI, 2011).

Segundo Oxman (2006), as pesquisas em metodologia de projeto têm frequentemente se centrado na análise da modelagem formal, de atividades comportamentais, processuais e cognitivas, e no desenho em si. A autora defende que o *digital design*, ou processo digital de projeto, e seu impacto crescente na concepção e nas práticas de produção, sugerem uma necessidade de um reexame de teorias e metodologias a fim de explicar e orientar a futura investigação e desenvolvimento do processo de projeto e, conseqüentemente, os produtos ou documentos desse processo.

#### **4 O PROCESSO DE PROJETO E O BIM**

A Modelagem da informação do edifício, conhecida como *Building Information Modeling* (BIM), é, de acordo com Isikdag e Underwood (2010), um processo baseado em modelos digitais, compartilhados, integrados e interoperáveis (que se comunicam entre si) denominados *Building Information Models*.

Para Manzione (2013), BIM pode ser definido como um processo que permite a gestão da informação, enquanto o *Building Information Model* é o conjunto de modelos compartilhados, digitais, tridimensionais e semanticamente ricos, que formam a espinha dorsal do processo do BIM.

Owen *et al.* (2010) comentam que inovações como o BIM e o IPD (*Integrated Project Delivery*), vêm sendo desenvolvidas de maneira isolada e sem a devida consideração das relações globais entre pessoas, processos e tecnologia. Por outro lado, a gestão do processo de projeto vem sendo objeto de estudos, indicando a necessidade do planejamento e o controle do processo de projeto frente à improvisação gerada por falhas de documentação, falta de informações, erros nas tomadas de decisão etc.

Com o objetivo de criar uma estrutura conceitual para nortear de maneira coordenada o processo de desenvolvimento do projeto em sistemas BIM e a evolução do detalhamento das suas informações, foi elaborado o conceito de LOD (*Level of Development*) ou Nível de Desenvolvimento (ND). O AIA (*American Institute of Architects*) desenvolveu esse conceito e em 2008 o incorporou a

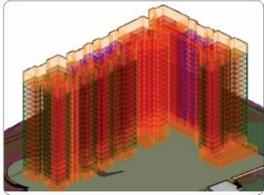
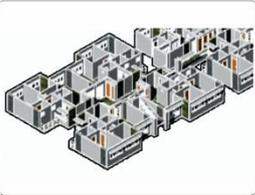
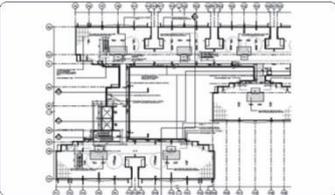
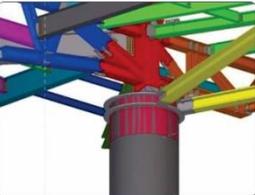
um documento conhecido como *BIM Protocol Exhibit* (2008), o qual formaliza o processo de desenvolvimento e os usos do BIM.

Segundo Manzione (2013), o AIA menciona, em seu website, que esse documento aborda as seguintes questões: responsabilidades por cada elemento do modelo em cada nível de desenvolvimento; usos autorizados para o modelo; responsabilidade pelo gerenciamento do modelo; e propriedade do modelo. O nível de desenvolvimento (ND) descreve o grau de completude para o qual um elemento do modelo é desenvolvido e são representados em uma escala que varia em cinco graus, correspondendo a um detalhamento que vai ocorrendo progressivamente ao longo do processo de projeto.

O ND-100 trata-se da fase conceitual do projeto, com estudos de massas conceituais; o ND-200 da geometria aproximada, com a visão geral do edifício e de seus sistemas; no ND-300 é elaborada uma versão mais precisa da geometria e são detalhados os componentes e os sistemas; o ND-400 é dedicado à execução, ou fabricação do produto, onde o modelo para fabricação e montagem é apresentado com maior precisão de detalhes. Já o ND-500, com a obra já concluída, envolve atualização dos elementos e componentes modificados durante a execução, além das análises e registros dos resultados (MANZIONE, 2013).

Essa escala foi feita em graduações de 100 unidades, como pode ser observado na figura 2, a escala prevê a possibilidade futura da criação de níveis intermediários. Dessa forma, o uso do BIM para projeto associa-se a outros usos: planejamento, custos, cumprimento do programa e outros.

Figura 02- Fases e etapas associadas ao Nível de Desenvolvimento (ND) do projeto

ND	Nível de Desenvolvimento 0	Nível de Desenvolvimento 100	Nível de Desenvolvimento 200	Nível de Desenvolvimento 300
FASE	Concepção do Produto	Definição do Produto (Conceitual)	Anteprojeto (Geometria aproximada)	Projeto Legal (Geometria precisa)
ETAPA	Levantamento de dados, Programa de necessidades, Estudo de viabilidade	Estudo preliminar (Estudo de massas conceituais dimensões, áreas, volumes, locação e orientação)	Identificação e solução de interfaces (Visão geral do edifício com formas aproximadas)	Identificação e solução de interfaces (Versão mais precisa e detalhada dos componentes)
				
ND	Nível de Desenvolvimento 350	Nível de Desenvolvimento 400	Nível de Desenvolvimento 500	
FASE	Projeto Básico (Geometria precisa)	Projeto Executivo (Execução e Fabricação)	Licitação da obra, contratação da obra, obra construída (Como foi construído - 'As Build')	
ETAPA	Identificação e solução de interfaces (Desenhos precisos gerados)	Projeto de Detalhamento de Especialidades (Modelo com precisão para fabricação e montagem)	Pós entrega dos projetos (Modelo detalhado a partir das modificações ocorrida em obra, para retratar o 'As build')	
				

**Fonte:** Autores, 2019, adaptado do Caderno de Apresentação de Projetos em BIM, 2015 e *Building and Construction Authority*, 2012.

A partir dos conceitos de Manzione (2013), embasados na publicação *Building and Construction Authority* (2012) e visando adequar a documentação do processo de projeto às normas e leis brasileiras vigentes, o governo do Estado de Santa Catarina elaborou o Caderno de Apresentação de Projetos em BIM (2015). Cujo objetivo é a utilização do mesmo como anexo em editais do estado, para contratação de projetos desenvolvidos por meio da tecnologia BIM.

Ao analisar o Caderno de Apresentação de Projetos é possível perceber que existe uma relação entre as etapas e fases do projeto baseadas na evolução do nível de desenvolvimento (ND) do modelo BIM, as referidas etapas foram incluídas na figura 2 previamente apresentada. Esse documento utiliza como base de dados a Lei nº 8.666/1993, normas da ABNT, o Sistema de Nomenclaturas elaboradas pela AsBEA e Coletânea de Cadernos Orientadores para Contratação de Obras do Estado do Paraná.

**5 A INTEROPERABILIDADE DE DADOS E A DOCUMENTAÇÃO**

Para seguir na discussão acerca do papel da documentação na era digital é preciso discutir a troca de informações entre softwares que auxiliam o ato projetivo. Isso porque, para que haja uma boa interoperabilidade (troca de informações entre sistemas) é imprescindível a implantação de um protocolo de padrão internacional para troca de dados durante o ciclo de vida de um processo de projeto. Isto posto, o primeiro problema encontrado foi em 1977 pela indústria aeroespacial Européia, conforme apontamentos de Holtz (2009).

A indústria supracitada notou um problema<sup>3</sup> relacionado ao projeto colaborativo devido à incompatibilidade dos vários softwares utilizados (cada programa possuía sua forma particular de representar superfícies) o inviabilizava a troca de informação (ou interoperabilidade de dados) entre os diferentes sistemas (HOLTZ, 2009).

Já ciente desta problemática, um representante da *General Electric* (GE), desafiou os responsáveis pela venda dos softwares CAD à trabalharem juntos, para produzir um mecanismo de troca de informações geométricas entre programas distintos. Isso aconteceu em 1979, durante o simpósio *Air Force Integrated Computer-Aided Manufacturing* (ICAM), realizado pela força aérea, conforme apontamentos de Holtz (2009).

O autor ainda pontua que essa necessidade era latente para os usuários CAD, entretanto, era vista como perda de vantagem competitiva pelos fabricantes de softwares, que temiam o compartilhamento da própria estrutura das suas bases de dados que, depois deste desafio, poderiam se tornar públicos.

A solução do empasse, de acordo com Holtz (2009) foi a resposta de um representante da *ComputerVision* que lembrou a todos, que se a *Boeing* e a *GE* compartilhassem seus tradutores de geometrias CAD que, em 1977, já conseguiam solucionar problemas similares, os desenvolvedores CAD poderiam compartilhar também, suas estruturas de base dados, sendo assim uma solução política e democrática para o problema. Em síntese, todos cederiam parte da sua programação específica (o que lhes garantia parte da vantagem competitiva) em prol da solução que já era latente para diversos usuários de CAD.

Em decorrência do exposto, as equipes interessadas se reuniram para debater e criar um tradutor comum. Este projeto foi coordenado por um representante do *National Bureau of Standards*

---

<sup>3</sup> Quando existe a passagem de um projeto desenvolvido em um software para outro, é possível que, ao abrir o projeto em outro programa, existam partes faltantes da geometria (o que é sólido pode vir, como vazio), ocorra perda de acuracidade (precisão), erros na malha, ou informações adversas que não são transportadas junto com o arquivo. Cada entidade de modelagem utilizada no projeto possui maior ou menor capacidade de representação, a depender de sua hierarquia, conforme apontamentos de Omena (2019), ao mudar de programa, é possível que se mude também a entidade de modelagem. Os tradutores geométricos para programas distintos trabalham para evitar este tipo de perda de informação, aumentando assim a interoperabilidade do projeto.

(NBS) dos EUA, um membro da NASA, um da Força Aérea Americana e um da Marinha Americana, entre outros.

A sigla que viria a ser o nome do tradutor comum advinha de: *Initial* (I): para sugerir que não substituiria o trabalho do ANSI (órgão responsável pela normatização dos EUA); *Graphics* (G): Gráficos, não geometria, para reconhecer que o meio acadêmico pudesse evoluir com descrições matemáticas superiores, como de fato aconteceu com as entidades de modelagem superiores descritas em Omena (2019); *Exchange* (E): Troca, para sugerir que não ditaria como os vendedores deveriam implementar suas bases de dados internas e; *Specification* (S): Especificação, para não ser tão imponente quanto um padrão ou uma norma, conforme Holtz (2009).

## 6 IGES

Assim, em 1981, foi publicado o formato *Initial Graphics Exchange Specification* (IGES), como uma norma do *American National Standards Institute* (ANSI), denominada Y14.26M-1981, que definiu um formato padrão de troca de desenhos; obrigando assim que cada programa CAD convertesse o formato de saída para este padrão, quando houvesse a necessidade de troca de informações (RAO, 2010). O autor pontuou alguns aperfeiçoamentos que ocorreram, durante os anos, neste tradutor geométrico comum normatizado:

- IGES 1.0 (1981): Modelos wireframe 2D e 3D, curvas e superfícies 2D e 3D, primitivas gráficas para desenho técnico, projeto hidráulico e elétrico, além de elementos utilizados na AECO.
- IGES 2.0 (1983): Capacidade de receber e armazenar todas as entidades IGES de outros arquivos.
- IGES 4.0 (1988): Inclusão da entidade de modelagem *Construct Solid Modeling* (CSG) e modelagem de elementos finitos (MEF)
- IGES 5.0 (1991) Inclusão da entidade de modelagem *Boundary Representation* (B-Rep).

Holtz (2009), afirmou que *National Computer Graphics Association* (NCGA), detentora do controle e distribuição do IGES, atesta que a representação digital de um projeto reside dentro de uma ou mais classes específicas do padrão IGES. É possível observar na figura 03, que a classe 3 (informações referentes ao projeto elétrico) foi substituída pela classe 6.

Figura 03 – Classes de subdivisão de arquivos no formato IGES

<b>Classe 1</b>	<b>Classe 2</b>	<b>Classe 4</b>	<b>Classe 5</b>
Ilustração técnica (clareza visual natroca de figuras e ilustrações técnicas).	Desenho de engenharia (integralidade, equivalência visual e funcionalidade).	Fabricação por controle Numérico (garante a precisão, exatidão e continuidade da geometria a ser fabricada por C.N.C).	Tubulação 3D (troca de informação geométrica para fabricação e montagem da tubulação).
<b>Classe 6</b>	<b>Classe 7</b>		Subdivisão Arquivos IGES
Componentes elétricos (fabricação e montagem de produtos eletromecânicos).	Geometria 3D (codifica os dados do projeto para posterior fabricação em programas C.N.C. e outras aplicações e/ou modificações no modelo).		

Fonte: Autores, 2019

## 7 DWG e DXF

O AutoCad, criado em 1982, pela AutoDesk, possui o DWG (o nome faz referência à drawing) como formato de arquivo nativo de seus programas CAD. As especificações deste tipo de arquivo não eram compartilhadas com outras empresas. Deste modo, para transferir geometria entre estações de trabalho com CAD's de diferentes empresas, a AutoDesk criou, também em 1982, o arquivo DXF (*Drawing eXchange Format*) cuja tradução seria formato de troca de desenho, conforme Scan (2016). O DXF foi criado para reproduzir os dados contidos em um arquivo DWG, passando a ser utilizado como padrão na troca de informações (ou interoperabilidade de dados) entre programas CAD.

## 8 STEP

No início da década de 1980, as interfaces de troca de informação que existiam IGES, DXF, STL<sup>4</sup>, VDA-FS<sup>5</sup>, possuíam apenas a capacidade de trocar informações geométricas e desenhos 3D. Deste modo, eram excluídos da interoperabilidade lista e propriedades dos materiais, especificação de tolerância e informações de planejamento conforme trabalho de Holtz (2009).

Foi a partir do esforço da *International Standard Organization* (ISO) visando criar um padrão internacional de representação e troca de informações do produto, que em 1984 surgiu o *Standard for Exchange of Product Model Data* (ISO-STEP) ou Padrão para troca de dados do modelo do produto,

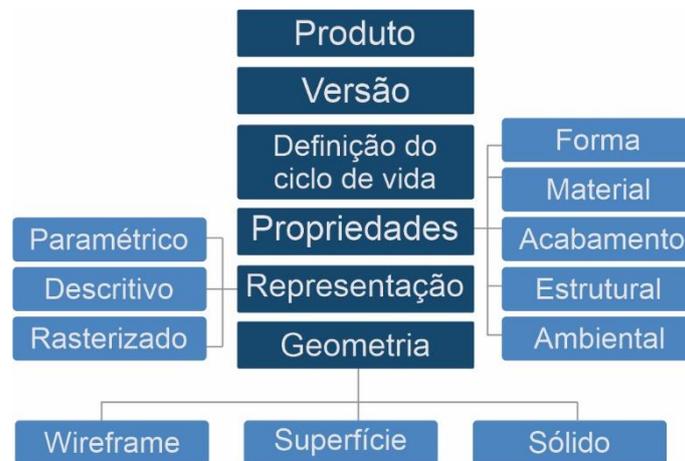
<sup>4</sup> STL é um formato neutro de visualização 3D, o nome vem de *Stereo Lithography* (utilizado no processo de prototipagem rápida), foi desenvolvido em 1987 pela empresa *Albert Consulting Group for 3D systems*. Neste tipo de visualização o modelo 3D é representado por uma lista de faces triangulares planares, conforme Ravelli (2003).

<sup>5</sup> O padrão VDA-FS (*Verband der Deutschen Automobilindustrie*) é um formato de dados de superfície, criado pela indústria alemã em 1982 para competir internacionalmente com o IGES em sistemas CAD/CAM (RAVELLI, 2003).

conforme apontamentos de Ravelli (2003) e Andrade e Ruschel (2009). Ravelli (2003) pontua ainda que o STEP como padrão internacional foi publicado em 1994 como ISO 10303.

Para Ravelli (2003) o STEP possui uma composição em diversas camadas com arquitetura de dados (conforme figura 4), além de utilizar protocolos de aplicações que servem para definir o uso, o contexto, o tipo de dados do produto que precisam estar no STEP visando especificamente o propósito de manufatura, em um ciclo de vida do produto, planejamento do processo, projeto, *programação off-line*, mecânica, eletrônica etc).

Figura 04 – Classes de subdivisão de arquivos no formato IGES



Fonte: Mitchell, 2005

O STEP é passível de ser utilizado como forma de interoperabilidade entre CAD, *Computer Aided Manufacturing* (CAM) ou Manufatura assistida por computador e *Computer Aided Engineering* (CAE) ou Engenharia Assistida por computador. Isto porque ele trata os dados do produto desde o projeto mecânico e elétrico, passando por dimensionamento e tolerância geométricas; bem como análise, planta de processo, fabricação etc.

## 9 IFC

De acordo com o *National BIM Report* (NBS) de 2019, a eficácia de um projeto desenvolvido em uma plataforma BIM depende das múltiplas estações de trabalho com sincronização automática de arquivos (documentos) produzidos durante o processo projetivo. O formato do arquivo que permite essa troca de informações entre diferentes softwares, em tempo real, é o *Industry Foundation Classes* (IFC).

A iniciativa da IFC começou em 1994, quando a Autodesk formou um consórcio entre indústrias do setor para aconselhar a empresa no desenvolvimento de um conjunto de classes<sup>6</sup> C++ que pudessem apoiar o desenvolvimento integrado de softwares (NBS, 2019).

Doze empresas americanas aderiram ao consórcio, que em seu início foi nomeada Aliança da Indústria para Interoperabilidade, essa Aliança abriu a associação a todas as partes interessadas em setembro de 1995 e mudou seu nome em 1997 para Aliança Internacional para Interoperabilidade. A nova Aliança foi reconstituída como uma organização liderada pelo setor, sem fins lucrativos, com o objetivo de publicar o IFC como um modelo de produto neutro da AECO, conforme publicação da NBS (2019).

Para Andrade e Ruschel (2009) o IFC é um formato que pode ser usado tanto no projeto como no planejamento da obra, construção e gerenciamento. Para os autores, o IFC é um resultado do consenso da AECO sobre processos de projeto, e trabalha com entidades que descrevem conceitos abstratos, objetos físicos do edifício, relações de AECO, atores e processos envolvidos, tipos de trabalho etc. Algumas de suas evoluções históricas são apresentadas a seguir:

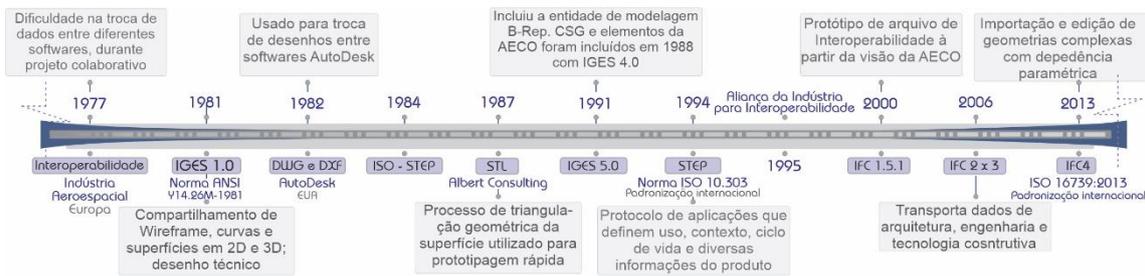
- **IFC 1.5.1** – Protótipo de arquivo de interoperabilidade de padrão nacional, apresentado no ano 2000.
- **IFC 2 x 2** -Usado apenas em casos isolados, como a exportação de modelos virtuais para *softwares* que não suportam IFC 2x3, criado em 2003.
- **IFC 2 x 3** – Modelo, apresentado em 2006 utilizado para intercâmbios coordenados de modelos BIM transportar informações entre arquitetura, engenharia e tecnologia da construção. Agrega sistema de informação geográfica.
- **IFC 4** – Usado em geometrias complexas para transferir modelos IFC com o objetivo de importá-los e editá-los em softwares BIM. Devido ao parametricismo em tempo real (ao mudar um parâmetro, o modelo todo é alterado, bem como outros processos dependentes); geometrias não convencionais criadas por *design* paramétrico e contextos complexos, podem necessitar de ajustes e verificações. Desde seu lançamento em 2013, o IFC 4 foi padronizado internacionalmente pela ISO (16.739:2013).

Após a discussão apresentada torna-se perceptível a relação entre arquivos de interoperabilidade e os Níveis de Desenvolvimento de projeto, visto que cada tipo de arquivo possui maior ou menor capacidade de traduzir e transportar informações durante a interoperabilidade entre softwares (figura 05).

---

<sup>6</sup> Aqui entendido como uma definição em programação C++, que pudesse ser utilizada na indústria AECO, e auxiliasse na interoperabilidade, tradução de geometrias, carregamento de informações necessárias etc, entre *softwares*. Em síntese, foram programadas classes de definições dos elementos de um projeto.

Figura 05 – Linha do tempo dos arquivos de interoperabilidade entre sistemas



Fonte: Autores (2019)

## 10 O PROJETO ASSISTIDO POR ALGORITMO E A DOCUMENTAÇÃO

Para Oxman (2006), a composição formal no Processo Digital de Projeto (*Digital Design*) está criando uma outra definição do papel da representação no processo projetivo. Isto porque este processo digitalmente mediado se contrapõe às “centralidades dos conceitos tradicionais feitos em papel” (OXMAN, 2006, p. 249), uma vez que estes conceitos não conseguem explicar o pensamento e os processos metodológicos que se associam aos processos de projeto com mediação digital.

O processo clássico de projeto passa pelas fases, muitas vezes implícitas (não explicadas) de Análise, Síntese, Avaliação e Decisão. Já o processo digital utiliza: Geração, Representação, Avaliação e Desempenho, com fases formuladas e explícitas para que possam justamente ser implementadas no computador.

Em síntese a resposta projetiva em um processo digital advém da capacidade de analisar diversos e inúmeros dados (superior à capacidade humana) de um computador, que em muitos casos, trabalha com *form-finding* (processo no qual onde se conhece a forma após postular restrições projetivas, como deformação do material, insolação etc) ao invés de *form-making* (processo onde a forma é originada à partir da criatividade e capacidade humana do projetista, sem auxílio do computador, e muitas vezes desconsiderando as propriedades dos materiais), maiores ponderações podem ser obtidas em Oxman (2006) e Omena (2019).

Para Oxman (2006), as avançadas técnicas digitais não mudam o modo de representação no projeto, mas, sim, estabelecem novos caminhos para o pensamento projetivo. A autora também ressalta que nos métodos convencionais de projeto existiam fases implícitas que, por não serem formalizadas, poderiam ser relacionadas à intuição e criatividade. Com a mediação digital dos projetos, estas fases precisaram ser definidas para então conseguirem ser implementadas no computador.

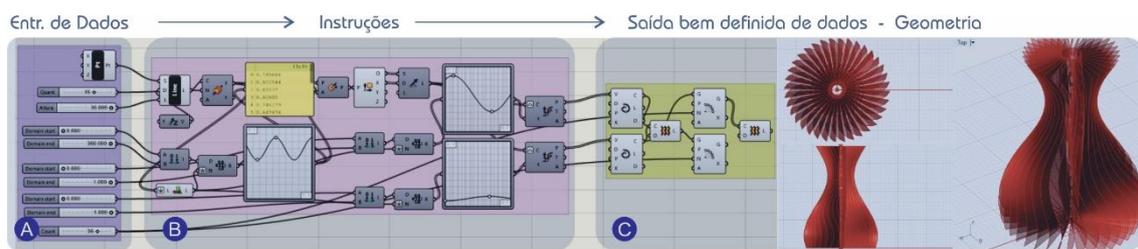
É por isso que os processos digitais de projeção solicitam que o arquiteto possua, de forma clara, as razões que o levaram a uma dada solução formal. Isso se deve ao fato de que o uso da

computação exige uma abordagem que explicita o conjunto de relações que definem o projeto (TERZIDIS, 2006, p. 39).

Os projetos que utilizam como premissa geometria não convencional, não repetitiva e não padrão, hipercontinuidade entre outras dependências paramétricas, utilizam em muitos casos um assistente de projeto, cujo estudo começa em 1980: a programação aplicada ao ato projetivo<sup>7</sup>, conforme Omena (2019). Como esta linguagem é um assunto recente para muitos arquitetos e profissionais que trabalham com projeto, foi preciso adaptar essa nova realidade com uma interface amigável e intuitiva, para que fosse possível transformar o maior número de usuários de *softwares* de criação em programadores amadores.

Nasciam assim os editores gráficos de algoritmos (aqui entendidos como um processo passo a passo, para chegar à geometria), conforme figura 06; e o processo de projeto assistido por algoritmo ou *Algorithm Aided Design* (AAD).

Figura 06 – Exemplo de processo de projeto com AAD



Fonte: Omena, 2019

Para projetar com auxílio de algoritmos, existe na atualidade os aplicativos Rhinoceros da McNeel Associates com editor de algoritmos Grasshopper, e Revit com editor Dynamo da Autodesk. O primeiro com uma interface mais aberta e utilizada por um maior número de pessoas em virtude da facilidade de encontrar conteúdos de aprendizado e processo colaborativo para melhoria do *software*.

Os processos que utilizam algoritmo como assistente no ato de projeção possuem os procedimentos utilizados durante a concepção projetiva no próprio editor gráfico responsável (figura 06). Em síntese, em um processo AAD, o algoritmo é uma parte da documentação dependente do depende do Nível de Desenvolvimento do projeto que pode ser entregue. Cada componente presente em um editor gráfico de algoritmo corresponde à uma ação presente no processo de projeto.

<sup>7</sup> Época em que ocorre o início das pesquisas sobre descrições matemáticas para a produção de geometrias não convencionais.

## 12 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de projeto digitalmente mediado é um tema presente e cada vez mais crescente dentro da AECO. Nesse novo processo emergente da produção de projeto não se observa apenas uma mudança nos instrumentos (se é que instrumento seria a palavra adequada, visto que o meio digital se tornou parte ativa do próprio processo, como se observa no *Digital Design* e no AAD); mas também na forma como acontece a comunicação e gestão de todo o ciclo de vida ou de desenvolvimento do processo e execução do projeto.

Observa-se que o ato projetivo deve ser encarado como um sistema em rede (com fases sinérgicas) e não como uma união entre fases distintas. Isso implica em um reexame de sua avaliação que possibilitem a sua medição nos aspectos relacionados à eficiência do processo e de seus documentos resultantes.

No que tange a documentação arquitetônica ou informações “entregáveis” relacionadas ao Nível de Desenvolvimento (ND) do projeto, no Brasil existe uma definição normatizada de quais são as entregas para cada etapa do processo de desenvolvimento projetivo.

O que se observa é que com a mudança do processo de projeto em virtude da mediação digital, é preciso modificar também as definições das etapas do ciclo de vida do projeto, bem como o que a legislação entende por entrega, ou entregáveis (um exemplo é que em um processo AAD o próprio algoritmo é passível de ser entregue como documentação do processo projetivo).

A maior ou menor capacidade e velocidade de leitura de um algoritmo em um processo AAD, depende da experiência do projetista. Entretanto, existem possibilidades de detalhamento das etapas do processo de projeto em AAD por meio de metodologia *Design Research* (BREEN, 2002) e/ou fluxo-algoritmos (OMENA, 2019).

Estas metodologias, ainda pouco difundidas, podem facilitar a compressão dos procedimentos utilizados por parte de um usuário com pouco ou nenhum conhecimento sobre *Digital Design* e AAD. Isto posto, a documentação arquitetônica após a mediação digital e principalmente com as padronizações nacionais e internacionais depende do Nível de Desenvolvimento projeto, visto que, a depender da maturidade do mesmo é possível documentar em maior ou menor grau as definições arquitetônicas (entendido também como entregáveis pelas normas brasileiras).

Outro aspecto relevante que pode ser apontado é que a troca de informações entre *softwares* diferentes (interoperabilidade de dados) depende do tipo de arquivo responsável pela interoperabilidade de dados, isto porque cada arquivo possui maior ou menor capacidade de “carregar informações” durante o processo.

Assim, percebe-se que a representação é um dos elementos relacionados à documentação arquitetônica, visto que, as definições de um determinado projeto englobam desde a geometria (como

era o caso do renascimento) até fatores de definição de material, planta de produção, CAE/CAM, definição de ciclo de vida, propriedades específicas, interoperabilidade etc.

Para finalizar, uma pesquisa realizada nos países nórdicos por Kiviniemi *et al.* (2008) afirmou que o principal motivador para uso do BIM em projetos arquitetônicos é a geração de quantitativos a partir dos modelos (23%), seguida pela checagem de conflitos (21%). Os autores ainda complementaram que a maioria das tarefas executadas pelos arquitetos em aplicativos em BIM se limitava àquelas disponibilizadas internamente nos softwares utilizados.

Portanto, é possível notar como é pequena a importância dada por estes profissionais relacionada à interoperabilidade, visto que apenas 1/3 dos arquitetos da pesquisa utilizavam o formato IFC em suas documentações BIM, não tem utilizado a plataforma como a maioria da sua capacidade: a possibilidade de trabalhar em tempo real as documentações do projeto.

Os autores observaram que poucos profissionais e empresas relacionadas à AECO buscavam aplicar a colaboração e padronização em suas práticas profissionais, uma vez que foi observado que muitos profissionais utilizavam *softwares* BIM como uma espécie de CAD melhorado, sem que houvesse alteração no processo de projeto em si. O que demonstra a clara necessidade de estudos como estes ora apresentado, bem como, a possibilidade de pesquisas futuras.

## REFERÊNCIAS

- AMORIM, A. L. **A documentação arquitetônica como uma atividade multi, inter e transdisciplinar**. In: PontodeAcesso, v.11, n.1, p. 61-84, abr. 2017. Salvador: S/e, 2017.
- AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS. **BIM PROTOCOL EXHIBIT: E202: BIM Protocol Exhibit**. 2008. 9 p.
- ANDRADE, M. L. V. X; RUSCHEL, R. C. Interoperabilidade de aplicativos bim usados em arquitetura por meio do formato IFC. In: **Vol. 4, nº 2**. Nov. 2009. S/1: S/e, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR16.636-2: **Elaboração e Desenvolvimento de Serviços Técnicos Especializados de Projetos Arquitetônicos e Urbanísticos**. 1ª Ed: Rio de Janeiro, 2017.
- BARROS, G.; SAKURAI, T. **Os enfoques racional e reflexivo e sua relação com a gestão de projeto em arquitetura**. In: XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção, XVI, São Paulo, **Anais**, 2016
- BICCA, P. **O Arquiteto a máscara e a face**. São Paulo: Projeto Editores Associados, 1984.
- BREEN, J. *Design Driven Research*. In: DE JONG, T. M.; VAN DER VOORDT, D. J. M. (Eds.) **Ways to study and research urban, architectural and technical design**. Holanda: A-D Druk, 2002.

Disponível em: [https://ocw.tudelft.nl/wp-content/uploads/WTS\\_Preface\\_and\\_Introduction.pdf](https://ocw.tudelft.nl/wp-content/uploads/WTS_Preface_and_Introduction.pdf).

Acesso em: 30 Fev. 2018.

- HOLTZ, M. L. **Estudo sobre a transferência de informações geométricas entre sistemas CAD-CAM**. 2009. 144 p. Dissertação (mestrado em engenharia mecânica) – Instituto Superior Tupi – Programa de pós graduação em Engenharia Mecânica, Joinville. 2009.

- ISIKDAG, U.; UNDERWOOD, J. *Two design patterns for facilitating Building Information Model-based synchronous collaboration*. In: *Automation in Construction*, v.19, n.5, p.544-553, 2010.

- KIVINIEMI, A.; TARANDI, V.; KARLSHØJ, J.; BELL, H.; KARUD, O. **Review of the Development and Implementation of IFC Compatible BIM**. *ERABUILD FUNDING ORGANIZATIONS*, 2008. Disponível em:

<http://www.ebst.dk/file/9498/ReviewoftheDevelopmentandImplementationofIFCcompatibleBIM.pdf> Acesso em: 3 Nov. 2019.

- LEITE, D. G. Girard Desargues e o desenvolvimento da geometria projetiva. In: Encontro Brasileiro de Estudantes de Pós-Graduação em Educação Matemática, XX EBRAPEM, Curitiba, 2016. **Anais**. Curitiba: EMBRAPEM, 2016.

- MANZIONE, L. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM**. 2013. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013

- MENEZES, A. M. O uso do computador no ensino de desenho nas escolas de arquitetura. In IV Congresso da Sociedade Ibero Americano de Gráfica Digital – SIGRADI. **Anais**. Rio de Janeiro: SIGRADI, 2000.- MEREDITH, M. *From Control to Design: Parametric/ Algorithmic Architecture*. Barcelona: Actar-D, 2008.

- MITCHELL, W. J. *Constructing complexity*. In: *Proceedings of the Tenth International Conference on Computer Aided Architectural Design Futures*. Vienna, Austria: s/e, 2005. Pgs. 41e 50.

- RAO, P. N. *CAD/CAM: Principles and applications*. Nova Deli: McGraw Hill Education, 2010.

- SCAN, V. *Infographic: history of DXF format*. In: Scan2CAD. S/I: S/e, 2016. Disponível em: <https://www.scan2cad.com/dxf/infographic-history>. Acesso em: 28 Out. 2016.

- SGUIZZARDI, S. **Modelando o futuro: A evolução do uso de tecnologias digitais no desenvolvimento de projetos de arquitetura**. Dissertação (mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Dissertação apresentada à faculdade de arquitetura e urbanismo para obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo. São Paulo: FAU USP, 2011.

- RAVELLI, C. A. **Análise da interoperabilidade de dados para a implementação de um ambiente de manufatura virtual**. 2003. 179 p. Dissertação (mestrado em engenharia mecânica) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo – USP, São Carlos, 2003.
- OMENA, T. H. **Ciclo de desenvolvimento de projeto baseado em desempenho do material: dos processos digitalmente mediados à fabricação local**. 2019. 270 p. Tese (doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – USP, São Paulo. 2019.
- OWEN, R., et al. Challenges for Integrated Design and Delivery Solutions. *Architectural Engineering and Design Management*, v.6, p.232-240, 2010.
- OXMAN, R. *Theory and design in the first digital age*. In: **Design Studies 27**. Grã-Bretanha: Elsevier Ltd. p. 229-265, 2006.
- TERZIDIS, K. **Algorithmic Architecture**. S/l: Routledge, 2006.