

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO CAMPUS MACAÉ
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

PEDRO GOMES FERREIRA

**BIM NO ENSINO: AVALIAÇÃO DA GRADE CURRICULAR DO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UFRJ MACAÉ SEGUNDO O
PARADIGMA BIM**

MACAÉ/RJ

2020

PEDRO GOMES FERREIRA

**BIM NO ENSINO: AVALIAÇÃO DA GRADE CURRICULAR DO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UFRJ MACAÉ SEGUNDO O
PARADIGMA BIM**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Civil da Universidade Federal do Rio de
Janeiro Campus Macaé, como requisito
parcial para obtenção do grau de
Engenheiro Civil.**

**Orientador: Prof. M.Sc. Leandro Tomaz
Knopp**

MACAÉ/RJ

2020

PEDRO GOMES FERREIRA

**BIM NO ENSINO: AVALIAÇÃO DA GRADE CURRICULAR DO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UFRJ MACAÉ SEGUNDO O
PARADIGMA BIM**

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio de Janeiro Campus Macaé, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Aprovado em 21 de setembro de 2020.



**GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
ATA PARA DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – TCC**

Este documento deverá ser entregue à coordenação de Engenharia Civil após a defesa do TCC, assinado por todas as partes interessadas, acompanhando cópia impressa e encadernada do TCC e duas cópias digitais gravadas em CD.

Macaé, 21 de setembro de 2020.

LOCAL DE REALIZAÇÃO: Banca de defesa realizada remotamente via Google Meet (<http://meet.google.com/qiy-yfya-vwq>)

TÍTULO: BIM NO ENSINO: AVALIAÇÃO DA GRADE CURRICULAR DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UFRJ MACAÉ SEGUNDO O PARADIGMA BIM

ALUNO / DRE: PEDRO GOMES FERREIRA / 113030633

ORIENTADOR: LEANDRO TOMAZ KNOPP

O professor LEANDRO TOMAZ KNOPP, na qualidade de Orientador e Presidente da banca, iniciou os trabalhos às 18 horas, concedendo ao aluno um tempo entre 20 e 30 minutos para exposição oral de sua monografia. Dando prosseguimento, o aluno foi arguido pelos examinadores. A seguir, o presidente da banca abriu a palavra à plateia. Ao final, a Banca Examinadora avaliou o trabalho apresentado pelo aluno e atribuiu grau 9,0 ao trabalho.

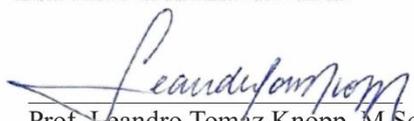
A BANCA EXAMINADORA CONSIDEROU O ALUNO:

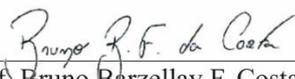
(X) APROVADO

() APROVADO COM EXIGÊNCIA, sendo necessária a realização de correções para aprovação, em no máximo 30 dias

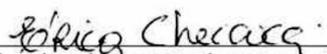
() REPROVADO

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Leandro Tomaz Knopp, M.Sc.


Prof. Bruno Barzellay F. Costa, D.Sc.


Prof. José Luis Menegotto, M.Sc.


Prof. Érica de Sousa Checucel, D.Sc.

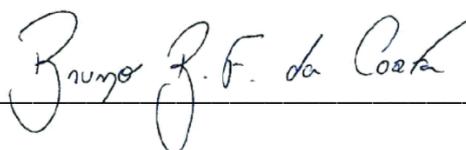
BANCA EXAMINADORA



PROF. LEANDRO TOMAZ KNOPP, M.Sc.

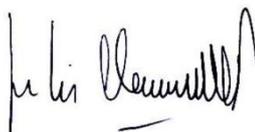
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO CAMPUS MACAÉ

ORIENTADOR



PROF. BRUNO BARZELLAY FERREIRA DA COSTA, D.Sc.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO CAMPUS MACAÉ



PROF. JOSÉ LUÍS MENEGOTTO, D.Sc.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO



PROFA. ÉRICA DE SOUSA CHECCUCCI, D.Sc.

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por ter me capacitado e me dado força para chegar até aqui.

Aos meus pais, Mara e Robson, por acreditarem no meu potencial e confiarem em mim durante todo este percurso, entendendo todos os momentos que precisei me ausentar. Obrigado por todo amparo, carinho e amor que sempre me deram.

À minha irmã, Laís, que esteve sempre ao meu lado, mesmo que a distância, escutando e aconselhando sempre que precisei.

Aos meus avós, por todos os ensinamentos, principalmente à minha avó Aparecida (*in memoriam*) que foi a minha primeira professora e maior incentivadora a seguir os passos das ciências exatas.

Aos meus familiares, que fizeram parte de todo esse processo de aprendizado.

À minha namorada, Milene, por todo incentivo e carinho nessa etapa final da minha formação. Obrigado por me fazer enxergar meu potencial e acreditar que posso ir longe.

Ao meu orientador Leandro Tomaz Knopp por toda a paciência, ensinamentos e motivação para que este trabalho pudesse ser concluído com êxito.

Aos professores da Engenharia UFRJ Macaé por todos os conhecimentos passados ao longo dos últimos anos, que foram essenciais na minha formação profissional e como ser humano.

Aos meus amigos de infância, que entenderam todos os momentos que não pude estar junto e participar de momentos importantes devido a distância, e aos meus amigos de Macaé, que se fizeram família e tornaram essa etapa de minha formação muito mais fácil.

A todos que passaram por minha vida nos últimos anos e que, de alguma forma, contribuíram para a minha evolução.

Meu muito obrigado!

“Tudo o que temos de decidir é o que fazer
com o tempo que nos é dado.”

J. R. R. Tolkien

RESUMO

Com o advento de novas Tecnologias da Informação na indústria da Construção Civil (TICs), o BIM (*Building Information Modeling* ou Modelagem da Informação da Construção) está se consolidando como uma filosofia de gerenciamento de projetos e processos e uma abordagem muito eficaz para entender, de forma global e sistemática, todo o ciclo de vida de uma edificação. Através de ferramentas que proporcionam o gerenciamento de pessoas, insumos e materiais, em um trabalho multidisciplinar, o BIM é capaz de otimizar custos e tempo, além de gerar uma documentação precisa e com maior qualidade dos diversos sistemas que compõem o projeto. Entendendo que a atualização dos profissionais de Engenharia e Arquitetura perante essa nova filosofia se faz necessária, o Governo Federal, através de políticas públicas, aprovou decretos que determinam a disseminação do BIM em escala nacional. Incentivos públicos e privados estão sendo estimulados através da “Estratégia BIM BR”, documento que lista uma série de objetivos e prazos para que sua difusão ocorra de forma eficaz e organizada. Baseado nos incentivos e prazos colocados nos decretos BIM e com a Resolução CNE/CES 2/2019, que estimula o uso de novas tecnologias no ensino de Engenharia, este trabalho de conclusão de curso faz um estudo sobre a inserção do BIM na grade curricular do curso de Engenharia Civil da UFRJ Macaé. Foi realizada a análise do Projeto Pedagógico do Curso, entrevistas com o corpo docente de Engenharia e aplicada a metodologia desenvolvida por Checcucci (2014), na qual são identificadas as interfaces entre as disciplinas da grade e o paradigma BIM. Após as análises, foram observadas lacunas e feitas observações a respeito de como o BIM pode auxiliar no processo de formação de engenheiros mais preparados para os desafios do mercado de trabalho.

Palavras-Chaves: BIM; Ensino; Engenharia; Indústria 4.0; Projeto.

ABSTRACT

With the advent of new Information Technologies (IT) in the Construction industry, BIM (Building Information Modeling) has proven to be a very effective project and process management philosophy to understand, in a global and systematic way, the entire life cycle of a building. Through tools that provide the management of people, inputs and materials, in a multidisciplinary work, BIM is able to optimize costs and time, in addition to generating accurate and higher quality documentation of the various systems that make up the project. The Federal Government of Brazil, in order to update the knowledge of the engineering and the architecture professionals about this new philosophy, it has approved decrees that determine the dissemination of BIM on a national scale. The Government promotes public and private incentives through the "Estratégia BIM BR", document that list a number of objectives and deadlines for the effectively and organized dissemination of the decrees. Based on the incentives and deadlines set out in BIM decrees and the Resolution CNE/CES 2/2019, this paper makes a analyze about the insertion of BIM in the curriculum of the Civil Engineering course at UFRJ Macaé, in order to stimulate the use of new technologies in engineering teaching. It has been analyzed the pedagogical project of the course, interviews with the Engineering faculty was taken and the methodology developed by Checcucci has been applied, in which the interfaces between the grid disciplines and the BIM paradigm are identified. After the analyses, gaps were observed and observations were made about how BIM can assist the process of engineers get more prepared for the challenges of the labour market.

Keywords: BIM; Education; Engineering; Industry 4.0; Project.

LISTA DE SIGLAS

ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial;

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas;

AEC - Arquitetura, Engenharia e Construção;

AECO - Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação;

AGC - The Associated General Contractors of America;

AIA - American Institute of Architects;

BIM - *Building Information Modeling* ou Modelagem da Informação da Construção;

BEM - *Building Element Models* ou Modelos de Elementos da Construção;

BNBIM - Biblioteca Nacional BIM;

BR – Brasil;

BRE - Building and Real Estate;

BSc. - Bachelor of Science;

BSI - The British Standards Institution;

CAD - *Computer Aided Design* ou Projeto Auxiliado por Computador;

CAU - Conselho de Arquitetura e Urbanismo;

CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção;

CC - Construção Civil;

CE-BIM - Comitê Estratégico de Implementação do *Building Information Modeling*;

CES - Centro de Ensino Superior;

CG-BIM - Comitê Gestor da Estratégia BIM BR;

CitA - *The Construction IT Alliance*;

CMU - Carnegie Mellon University;

CNE - Conselho Nacional de Educação;

CONFEA - Conselho Federal de Engenharia e Agronomia;

CREA - Conselho Regional de Engenharia e Agronomia;

DAA - Departmental Academic Advisor;

DCNs - Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação;

EAP - Estruturas Analíticas de Projeto;

ENEBIM - Encontro Nacional Sobre o Ensino de BIM;

EUA - Estados Unidos da América;

FEC-UNICAMP - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Unicamp;

HVAC - *Heating, Ventilating and Air Conditioning* ou Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado;

HFE - Human Factor Engineering;

HTML - *HyperText Markup Language* ou Linguagem de Marcação de Hipertexto;

IFC - Industry Foundation Classes;

IME - Instituto Militar de Engenharia;

IoT - *Internet of Things* ou Internet das Coisas;

IPD - *Integrated Project Delivery* ou Entrega Integrada de Projeto;

ISO - International Organization for Standardization;

LDB - Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional;

LOD - *Level Of Development* ou Nível de Desenvolvimento;

MDIC - Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços;

MEC - Ministério da Educação;

NBR - Norma Brasileira;

OBD-GC - OpenBuildings Designer GenerativeComponents;

OCCS - OmniClass™ Construction Classification System;

PolyU - Polytechnic University;

PPC - Projeto Pedagógico do Curso;

PROARQ - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura;

RA - Realidade Aumentada;

ROI - *Return on Investment* ou Retorno Sobre o Investimento;

RV - Realidade Virtual;

SBTIC - Simpósio Brasileiro de Tecnologias da Informação na Construção;

TCC - Trabalho de Conclusão de Curso;

TI - Tecnologias da Informação;

TICs - Tecnologias da Informação na Construção;

UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro;

UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas;

USC - University of Southern California;

XML - *eXtensible Markup Language* ou Linguagem de Marcação Extensível.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Roadmap do Programa BIM BR.....	20
Figura 2 - Modelo de um escada em 3D utilizando a ferramenta ArchiCAD 21	31
Figura 3 - Caixa de diálogo para configuração de escada modelada no ArchiCAD 21	32
Figura 4 - Geração dos pilares estruturais com dados do Excel via OBD-GC	33
Figura 5 - A formatação condicional no Excel é transferida para scripts (OBD-GC), permitindo que as cores ajudem no processo de verificação visual do modelo	34
Figura 6 – Modelo das lajes geradas no OpenBuildings Generative Components (OBD-GC).....	34
Figura 7 - BIM no ciclo de vida de uma edificação	41
Figura 8 - Diferentes níveis de LOD em um pilar estrutural em <i>steel frame</i>	44
Figura 9 - Diferentes níveis de LOD da instalação de todo o mecanismo necessário para o funcionamento de um elevador	45
Figura 10 - Estágios de adoção do BIM na construção	60
Figura 11 - Valor agregado e custo de mudanças no projeto	67
Figura 12 - Análise dos esforços estruturais suportados pelas lajes feita através da análise de cores em um software BIM	68
Figura 13 - Valor da edificação em processo tradicional e com a utilização de BIM.	70
Figura 14 - Níveis de Proficiência (desenvolvimento) BIM	86
Figura 15 - Estratégias utilizadas para implementar BIM no currículo	87
Figura 16 - Obstáculos para implementar BIM no currículo.....	89
Figura 17 – Número de professores que ensinam conceitos BIM no curso de Engenharia Civil da UFRJ Macaé	99
Figura 18 - Opinião do corpo docente de Engenharia da UFRJ Macaé, em números, sobre a importância da inserção do BIM no currículo.....	100
Figura 19 – Nível de conhecimento do corpo docente de Engenharia da UFRJ Macaé, em uma escala de 0 a 5, sobre o paradigma BIM	100
Figura 20 – Visão do corpo docente sobre possíveis definições do BIM	101
Figura 21 - Sistema adotado para a representação das disciplinas e sua relação com o BIM	105

Figura 22 - Quadros utilizados para análise das disciplinas, representados com suas diferentes cargas horárias.....	106
Figura 23 - Fluxograma contendo todas as disciplinas obrigatórias para a graduação em Engenharia Civil da UFRJ Macaé	112
Figura 24 - Trecho do fluxograma com legenda	113
Figura 25 - Divisão da grade curricular utilizando os quadros referentes às cargas horárias e código de cores indicado	114
Figura 26 - Grade curricular da Engenharia UFRJ-Macaé segundo o Método de Checcucci, ainda sem a avaliação das interfaces entre as disciplinas e o paradigma BIM	115
Figura 27 - Avaliação da grade curricular do curso de Engenharia Civil da UFRJ Macaé	119
Figura 28 - Disciplinas em que foi identificada ao menos um tópico que há interface com o paradigma BIM	120
Figura 29 - Disciplinas que possuem interface clara com o paradigma BIM.....	120

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Passo a passo do trabalho desenvolvido	24
Quadro 2 - Ficha técnica de produto real fabricado pela DECA que foi usado como base para o desenvolvimento de seu correspondente objeto virtual BIM	36
Quadro 3 - Comparação entre o modelo tradicional de negócios e o modelo IPD....	52
Quadro 4 - Principais <i>softwares</i> BIM do mercado brasileiro	54
Quadro 5 - Disciplinas do Núcleo de Conteúdos Básicos.....	107
Quadro 6 - Disciplinas dos Núcleos Profissionalizante e Específico.....	110
Quadro 7 - Exemplo de análise feita em 5 disciplinas	116
Quadro 8 - Número de disciplinas separadas por Eixos Temáticos que possuem interface com o paradigma BIM	121

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	17
1.2 JUSTIFICATIVA	18
1.3 MOTIVAÇÃO DO ESTUDO.....	22
1.4 OBJETIVOS.....	23
1.4.1 Geral.....	23
1.4.2 Específicos	23
1.5 METODOLOGIA	24
2. BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)	27
2.1 DEFINIÇÕES DE BIM.....	29
2.2 OBJETOS PARAMÉTRICOS	30
2.2.1 Famílias de objetos e Bibliotecas BIM.....	38
2.3 DIMENSÕES E FASES DE DESENVOLVIMENTO BIM.....	39
2.4 LEVEL OF DEVELOPMENT - LOD.....	41
2.5 NORMALIZAÇÃO BIM	45
2.6 INTEROPERABILIDADE ENTRE SISTEMAS BIM.....	48
2.6.1 Industry Foundation Classes - IFC	50
2.7 TRABALHO COLABORATIVO PROPORCIONADO PELO BIM.....	51
2.8 PRINCIPAIS PLATAFORMAS BIM PRESENTES NO MERCADO	53
2.9 PANORAMA DO BIM NA INDÚSTRIA.....	56
2.9.1 A Indústria 4.0 e o BIM	57
2.9.2 Adoção da Tecnologia BIM pela Indústria da Construção Civil	59
2.9.3 BIM no Mundo	61
2.9.4 BIM no Brasil	62
2.9.5 Stakeholders da Construção Civil beneficiados pelo BIM	64
2.9.6 Benefícios associados ao se trabalhar com BIM.....	66
3. ENSINO DE ENGENHARIA CIVIL.....	71
3.1 REGULAMENTAÇÃO DA ENGENHARIA NO BRASIL.....	72
3.2 DIRETRIZ CURRICULAR NACIONAL	75
3.3 O PAPEL DO ALUNO, DO PROFESSOR E DO CURSO DE ENGENHARIA.....	78
4. BIM NO ENSINO	80

4.1 APRENDIZAGEM HUMANA, ENGENHARIA E BIM.....	80
4.2 IMPORTÂNCIA E OBSERVAÇÕES A RESPEITO DA APLICAÇÃO DO BIM NO ENSINO	82
4.3 FASES DE APLICAÇÃO DO BIM NO ENSINO	84
4.4 FORMAS DE INSERIR O BIM NO ENSINO.....	87
4.5 CASOS DE SUCESSO	90
4.5.1. Polytechnic University (PolyU) de Hong Kong	91
4.5.2. Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP	93
5. APLICAÇÃO DO BIM EM UM CURSO DE ENGENHARIA CIVIL: O CASO DA UFRJ MACAÉ	96
5.1 METODOLOGIA DE CHECCUCCI.....	103
5.2 O CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UFRJ MACAÉ	106
5.2.1 Avaliação da grade curricular segundo o Método de Checcucci	114
5.2.2 Considerações sobre a análise da grade curricular	123
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	125
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	127
ANEXOS.....	134
ANEXO A – AVALIAÇÃO DA GRADE CURRICULAR DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UFRJ MACAÉ.....	135
ANEXO B – QUESTIONÁRIO ENVIADO AOS PROFESSORES	171
ANEXO C – QUESTIONÁRIO ENVIADO AO PROFESSOR JOSÉ LUIS MENEGOTTO	175

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo será feita a contextualização do trabalho, justificando as motivações para as pesquisas realizadas. Através de objetivos bem definidos, é possível identificar a metodologia utilizada, traçando uma linha temporal de como o trabalho foi desenvolvido e explicitando o conteúdo dos capítulos.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O mundo está passando por grandes mudanças no século XXI, nas quais a informação e o conhecimento são as grandes riquezas que a indústria está buscando. A velocidade em que as notícias se espalham e a facilidade com que as informações podem ser acessadas estão cada vez maiores, representando uma quebra no paradigma do estilo de vida que surgiu no século XV e foi a tônica da 3ª Revolução Industrial, na qual havia a padronização dos conteúdos distribuídos (jornais, filmes, revistas, etc) e dos bens de consumo (roupas, veículos, etc) a todas as pessoas (BARREIRA, 1994). Porém com a 4ª Revolução Industrial, toda a indústria da manufatura está se readequando, promovendo inovações em processos, novos modelos de negócio e produtos customizados (FERRACANE, 2015). A velocidade, os impactos sistêmicos, amplitude e profundidade das mudanças ocasionadas por essa revolução, tornam o conhecimento compartilhado decisivo na forma como a tecnologia auxilia na evolução da sociedade, refletindo valores e objetivos comuns (SCHWAB, 2016). E assim como em outras revoluções industriais em que a construção civil acompanhou as evoluções propostas pela sociedade, mesmo que de forma mais lenta, é visível a sua evolução nos dias atuais buscando aprimoramentos tecnológicos (LEAL, 2018).

A indústria da construção civil, porém, vem se desenvolvendo a passos mais lentos que outros setores, como o automobilístico ou de aviação, por exemplo (EASTMAN, 2014). Entretanto essa realidade está mudando com novos métodos e tecnologias construtivas, como a construção de casas em 3D (há exemplos de casas construídas na China e nos EUA em 24 horas); com novas formas de se vender os empreendimentos, utilizando Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA); ou ainda tornando as edificações mais conectadas utilizando a Internet das coisas (do inglês *Internet of Things* - IoT) (LEAL, 2018).

A introdução de novas Tecnologias da Informação na Construção (TICs), como as ferramentas CAD no setor de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), vem trazendo gradativas melhorias em processos nas últimas décadas. A automatização de cálculos complexos, representatividade mais exata dos componentes e a possibilidade de realizar melhores análises sobre a construção, são ganhos que podem ser ressaltados com o advento das novas tecnologias (AGUILAR-MOLINA; AZEVEDO JUNIOR, 2015). É nesse cenário que surge uma maneira inovadora de se pensar em como desenvolver projetos, além da simples modelagem em plantas e planejamentos feitos com levantamentos estimados; passando por processos do canteiro de obras, processos de operação e manutenção, além de análises que possibilitam um desenvolvimento mais sustentável da edificação, em um conceito chamado **Building Information Modeling (BIM) ou Modelagem da Informação na Construção**, promovendo amplas mudanças na indústria da construção civil (EASTMAN *et al.*, 2014).

Eastman *et al.* (2014) definem BIM como uma tecnologia que gera um modelo virtual da edificação. Essa é construída digitalmente, em um conjunto de processos que melhora a produção, comunicação e análise dos modelos. A partir de uma modelagem paramétrica se extraem dados para a fabricação de peças, fornecimento de insumos e dar os suportes necessários à construção. Quando aplicado de maneira correta, é possível fazer levantamentos mais precisos de custo, simulações e análises em diversas áreas, permite a visualização de todas as fases do empreendimento, resultando um produto final de alta qualidade, reduzindo prazos e custos.

1.2 JUSTIFICATIVA

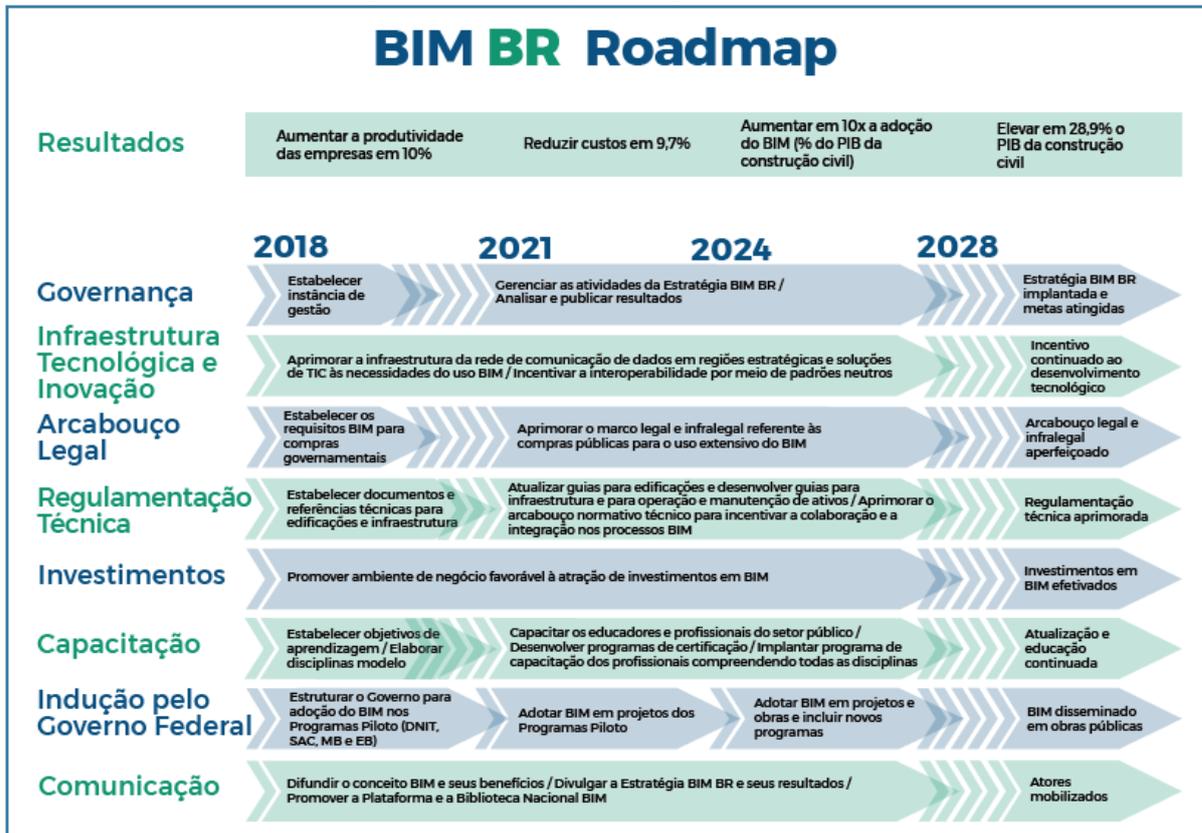
Sob o paradigma da construção civil dentro de um mundo globalizado, é importante a atualização dos profissionais que atuam na área. A formação de engenheiros e arquitetos com uma visão moderna, utilizando ferramentas que auxiliem no processo de modelagem, análise, simulação e cooperação em um trabalho multidisciplinar, se faz necessária. O BIM surge como uma possibilidade de avanço no processo de ensino-aprendizagem, e assim, um grande número de universidades internacionais e algumas nacionais já possuem em suas grades curriculares disciplinas que abordam este novo paradigma, formando não só

modeladores, mas também analistas e gerentes BIM (RUSCHEL; ANDRADE; MORAIS, 2013).

Essas 3 definições que compõem os níveis de proficiência BIM, dividem os profissionais capacitados perante o paradigma em diferentes níveis de conhecimento: os modeladores, capacitados em desenvolver modelos digitais nas plataformas BIM, sendo capazes de extrair quantitativos e informações precisas sobre a dimensão de componente; os analistas BIM já são capazes de fazer análises e simulações sobre o modelo gerado; finalmente, os gerentes BIM tem a capacidade de compreender o processo de maneira generalizada, podendo montar e coordenar equipes em trabalho multidisciplinar e colaborativo (SUCCAR, 2009; BARISON; SANTOS, 2011; RUSCHEL; ANDRADE; MORAIS, 2013; CHECCUCCI; AMORIM, 2014; BARISON, 2015).

Percebendo a necessidade de atualização dos profissionais e da difusão do conceito BIM em todo o país, o Governo Federal criou, em junho de 2017, o Comitê Estratégico de Implementação do *Building Information Modeling* - CE-BIM, que tem a função de estabelecer as métricas necessárias para impulsionar a difusão e utilização do BIM no Brasil. Algumas finalidades, objetivos, indicadores, ações e metas foram criados e um *Roadmap* (Figura 1) traçado com um planejamento de como deve ser feita a difusão do conceito no país.

Figura 1 - Roadmap do Programa BIM BR



Fonte: MDIC, 2018.

Com essas finalidades e prazos em mente, o Governo Federal instituiu o Decreto Nº 9.377, revogado pelo Decreto Nº 9.983, de 22 de agosto de 2019, que fala sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modeling*, que define:

Para os fins do disposto neste Decreto, entende-se o BIM, ou Modelagem da Informação da Construção, como o conjunto de tecnologias e processos integrados que permite a criação, a utilização e a atualização de modelos digitais de uma construção, de modo colaborativo, de forma a servir a todos os participantes do empreendimento, potencialmente durante todo o ciclo de vida da construção. (Art. 1º, Parágrafo único, Brasil, 2019)

Mostrando um alinhamento com o Governo Federal, o Governo do Estado do Rio de Janeiro instituiu o Decreto Nº 46.471, de 24 de outubro de 2018, que promove a difusão do conceito BIM também a nível estadual. O texto deste é semelhante ao decreto federal, mudando apenas sua esfera de atuação.

Dentre as medidas observadas nos decretos, fica evidente a preocupação em difundir o conceito BIM e seus benefícios. Além do estímulo para sua capacitação e desenvolvimento no país, foram propostos objetivos como:

desenvolver normas técnicas, guias e protocolos para a adoção do BIM; desenvolvimento da plataforma e biblioteca nacional BIM; criar condições favoráveis para investimentos públicos e privados na área; coordenar a estruturação do setor público para a adoção do BIM; entre outros (BRASIL, 2019).

A partir do Decreto Nº 9.377 foi instituída a **Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modelling*** (Estratégia BIM-BR), que lista 9 objetivos específicos com intuito de promover condições para investimentos e a difusão do conceito no país. Estes estão listados abaixo:

- Assegurar ganhos de produtividade ao setor de construção civil;
- Proporcionar ganhos de qualidade nas obras públicas;
- Aumentar a acurácia no planejamento de execução de obras proporcionando maior confiabilidade de cronogramas e orçamentação;
- Contribuir com ganhos em sustentabilidade por meio da redução de resíduos sólidos da construção civil;
- Reduzir prazos para conclusão de obras;
- Contribuir com a melhoria da transparência nos processos licitatórios;
- Reduzir necessidade de aditivos contratuais de alteração do projeto, de elevação de valor e de prorrogação de prazo de conclusão e de entrega da obra;
- Elevar o nível de qualificação profissional na atividade produtiva;
- Estimular a redução de custos existentes no ciclo de vida dos empreendimentos.

A partir disso, entende-se que para alcançar os resultados esperados são necessários profissionais qualificados e com conhecimento BIM adequado para atingi-los. O objetivo IV do Decreto Nº 9.983, visa estimular a capacitação em BIM, entendendo que ter um profissional capacitado nesse processo é fundamental para que o BIM seja efetivamente compreendido, adotado e consolidado no mercado brasileiro (BRASIL, 2019). Por esses e outros motivos, o ensino do BIM ganha importância fundamental como estratégia, principalmente nos cursos de graduação.

Autores como Barison e Santos (2011), Checcucci e Amorim (2014), Aguilar-Molina e Azevedo Júnior (2015), Ruschel e Cuperschmid (2018), entre outros, relatam suas experiências dentro das universidades brasileiras a respeito da

inserção do BIM na matriz curricular. Alguns desafios, entretanto, podem surgir segundo Checcucci e Amorim (2014), como: a falta de *softwares* e infraestrutura, a baixa quantidade de artigos sobre o assunto na língua portuguesa, a baixa capacitação de docentes, uma matriz curricular com pouco espaço para a inserção de um tema tão vasto e a rápida obsolescência associada à uma tecnologia que se atualiza tão rapidamente. Porém Checcucci (2019) em uma nova pesquisa na qual identifica e analisa o desenvolvimento de teses, dissertações e pesquisas a respeito do BIM no Brasil no período de 2013 a 2018, observa um crescente interesse e melhora na quantidade e qualidade de trabalhos com enfoque no paradigma.

Dessa forma, é de suma importância que os cursos de Engenharia Civil atualizem suas grades curriculares, a fim de inserir profissionais engajados e com visão crítica sobre as novas possibilidades e tecnologias que envolvem sua atuação. A produção de conteúdos e fomento em pesquisa deve partir do corpo docente, atingindo de forma direta os egressos no curso, criando demanda, curiosidade e principalmente vontade para o desenvolvimento mais sustentável, colaborativo e eficaz da construção civil.

1.3 MOTIVAÇÃO DO ESTUDO

Após cursar a disciplina eletiva “Introdução ao BIM”, lecionada pelo professor Leandro Knopp, orientador deste trabalho de conclusão de curso, o autor se sentiu aguçado ao tema e a forma como o mesmo foi explorado durante o curso, se interessando, lendo livros e artigos a respeito do cenário BIM no mundo e na indústria da construção civil.

O tema deste trabalho surgiu após o autor, junto ao seu orientador, participarem de um encontro nacional que tratava sobre Tecnologias da Informação na Construção (TICs), o *II Simpósio Brasileiro de Tecnologias da Informação na Construção (SBTIC)*, que aconteceu em agosto de 2019 na Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). O simpósio contou com autoridades importantes a respeito do conceito BIM, como a Profa. Burcin Becerik-Gerber, da University of Southern California (USC), a Professora Burcu Akinci, da Carnegie Mellon University (CMU) e o Prof. Rafael Sacks, do Israel Institute of Technology (Technion), além de autoridades nacionais no assunto como a Profa. Regina Coeli Ruschel (UNICAMP). Assuntos, palestras e mesas redondas ocorridas durante o

simpósio ressaltaram a importância da atualização dos profissionais da construção e a adoção da temática BIM não apenas dentro das empresas, mas principalmente dentro das universidades, onde esses profissionais são formados.

1.4 OBJETIVOS

Nesta seção são abordados os objetivos que circundam este trabalho, apontando quais temas são observados durante o seu desenvolvimento e proposições relacionadas ao seu estudo.

1.4.1 Geral

Este trabalho tem como objetivo de apresentar vantagens da inserção do BIM no curso de Engenharia Civil de uma universidade federal do interior e aplicar uma metodologia preconcebida para identificar as interfaces entre o BIM e a grade curricular. Pois como Succar (2009) defende, a adoção completa do conceito BIM no cenário AECO (Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação) deve ser gradual, de forma que o aluno tenha um embasamento teórico e prático para se ambientar a esse novo conceito, e poder extrair de forma eficaz os dados e informações inerentes à construção ou empreendimento em estudo.

1.4.2 Específicos

- Apresentar vantagens que a adoção do BIM pode proporcionar à indústria da Construção Civil;
- Mostrar como o uso da tecnologia pode auxiliar na compreensão dos processos que regem a Construção Civil e as atividades do Engenheiro Civil;
- Ressaltar a importância da inserção do BIM no ensino perante às novas tendências de inovação na Construção Civil;
- Analisar a matriz curricular do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio de Janeiro Campus Macaé (UFRJ/Macaé) diante do paradigma BIM;
- Aplicar a metodologia desenvolvida por Checcucci (2014) na grade de Engenharia Civil da UFRJ Macaé para a inserção do BIM no ensino;
- Fazer o diagnóstico da grade curricular do curso de Engenharia Civil da UFRJ Macaé e observar lacunas identificadas.

1.5 METODOLOGIA

Utilizando as abordagens de pesquisa defendidas por Gerhardt e Silveira (2009), este trabalho teve um enfoque **qualitativo** no que diz respeito às informações e interpretação como um todo do objeto estudado, o *Building Information Modeling*. Foram analisados uma série de artigos e teses brasileiras e internacionais, além de um livro a respeito do desenvolvimento do conceito BIM de uma forma generalizada, a inserção do paradigma BIM no ensino e metodologias consagradas para a adoção do BIM em universidades. Porém, tem também um enfoque **quantitativo** no que diz respeito às informações coletadas e dados extraídos, pois posteriormente às leituras e pesquisa inicial realizadas, foram levantadas hipóteses que precisavam ser sanadas por meio de um questionário feito com os professores do curso de Engenharia da UFRJ Macaé, possibilitando uma análise numérica e problemática desses dados, a fim de justificar as observações feitas. Além do questionário, também foi realizada uma entrevista com o professor José Luís Menegotto do Departamento de Expressão Gráfica da Escola Politécnica da UFRJ, a fim de conhecer as opiniões, dificuldades enfrentadas e possibilidades de se inserir o BIM na grade curricular da instituição.

Indicadores foram desenvolvidos para medir o grau de conhecimento prévio, a aceitação desse novo modelo de ensino e possíveis obstáculos enfrentados para sua inserção na matriz curricular. Em resumo, esse trabalho buscou realizar uma introdução geral dos conceitos BIM e, posteriormente, fazer um diagnóstico da grade curricular do curso de Engenharia Civil da UFRJ Macaé utilizando a metodologia desenvolvida e defendida por Checcucci em sua tese de doutorado em 2014. O quadro 1 mostra temporalmente e de maneira resumida os passos da pesquisa realizada.

Quadro 1 - Passo a passo do trabalho desenvolvido

1ª Fase	Estudo de diversos artigos nacionais e internacionais sobre a importância do BIM na construção civil e no ensino, onde foi possível identificar experiências consagradas e possíveis maneiras de inserir o BIM nas universidades.
2ª Fase	Estudo de leis, decretos e resoluções sobre o ensino de Engenharia Civil, atribuições do Engenheiro Civil e incentivos sobre o uso de tecnologia em seu aprendizado

3ª Fase	Análise do Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Civil da UFRJ Macaé e aplicação de questionário ao corpo docente.
4ª Fase	Aplicação da metodologia desenvolvida por Checcucci na grade curricular do curso de Engenharia Civil da UFRJ Macaé, afim de identificar interfaces com o BIM

Fonte: O autor.

O trabalho foi dividido em 6 capítulos, sendo o primeiro para introdução, os três seguintes para o referencial teórico e contextualização a respeito do tema trabalhado, o penúltimo para aplicação e avaliação do método adotado e o último para conclusão, comentários, sugestões e análise do que foi estudado.

O capítulo 2 tem o intuito de dissertar a respeito dos conceitos que envolvem o paradigma BIM, mostrar suas definições e atividades que o circundam. São expostas as funcionalidades de suas ferramentas, ganhos em processos e trabalho colaborativo, entendendo como ocorre a interoperabilidade entre os diferentes sistemas. Também são mencionadas as normas internacionais e brasileiras que vêm sendo criadas, a fim de padronizar seu uso pela indústria da construção civil. Além disso, é feito um panorama geral de como seu uso pode acarretar vantagens, em relação ao tempo e custo, fazendo as construções terem um enfoque mais sustentável e com a geração de documentações mais precisas e eficazes.

O capítulo 3 circunda sobre a regulamentação inerente às atividades que regem a profissão do Engenheiro Civil, entendendo seus direitos, deveres e responsabilidades. Além disso, explana como as diretrizes do ensino no Brasil, principalmente nos cursos de Engenharia Civil, realça a importância do uso de novas tecnologia, para auxiliar no processo de ensino-aprendizagem e tornar os graduandos mais atentos às novas tendências mundiais no meio tecnológico.

O capítulo 4 fala sobre a inserção do BIM no ensino. Disserta-se sobre o papel do professor no processo de ensino-aprendizagem, em como o aluno é capaz de absorver novos conhecimentos e colocá-los em prática a partir de atividades que fomentem suas capacidades cognitivas e comportamentais. São expostas opiniões de autores nacionais e internacionais sobre como o BIM pode potencializar o entendimento global das atividades que circundam o papel do Engenheiro Civil, em como trabalhos multidisciplinares e colaborativos podem reduzir erros e aumentar a produtividade. Ao fim do capítulo, são apresentados dois exemplos de sucesso,

um internacional e outro nacional, a fim de mostrar como outras universidades têm encarado a disseminação dos conceitos BIM em seus currículos.

No capítulo 5, é feita a análise do Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Civil da UFRJ Macaé, entendendo qual a demanda do curso perante à cidade e à universidade. A partir do entendimento da importância da adoção do BIM no ensino, é exposto o método desenvolvido por Checcucci em sua tese de doutorado de 2014, que identifica as interfaces da matriz curricular com o paradigma BIM. Após a aplicação do método, é feito um diagnóstico inicial que identifica as lacunas existentes na grade e quais as possíveis vantagens da inserção do BIM na mesma.

Por fim, no capítulo 6 é feita a conclusão do trabalho. São feitas observações a respeito do paradigma BIM e em como ele pode auxiliar no processo de tornar a Engenharia Civil cada vez mais moderna e tecnológica. Algumas sugestões de trabalhos futuros também são ressaltadas, de forma que as instituições de ensino estejam atentas e fomentem cada vez mais a atualização do corpo docente sobre novas tecnologias e busquem formar profissionais capacitados para um mercado de trabalho com demandas cada vez mais modernas.

2. BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

O conceito mundialmente conhecido como *Building Information Modeling*, apesar de ter uma difusão exponencialmente maior a partir do fim da década de 1990 e início dos anos 2000, teve suas premissas e ideias iniciais documentadas em 1975¹ no jornal norte americano *AIA Journal*, por Charles M. “Chuck Eastman”, com o nome “*Building Description System*”, conforme descrito por Jerry Laiserin no prefácio do Manual de BIM (EASTMAN *et al.*, 2014). Eastman (1975, *apud* SACKS *et al.*, 2018) traz em seu projeto a idealização de uma ferramenta capaz de gerar elementos de forma interativa, em que qualquer mudança no arranjo do desenho feita em uma perspectiva, gera uma mudança automática no desenho dos demais planos de trabalho de forma consistente.

Além disso, Eastman previu a análise de estimativas de custos e quantitativos de materiais associados à descrição do modelo gerado, fornecendo um banco de dados único e integrado. Afirma inclusive, que as construtoras de grandes projetos poderiam tirar vantagem na organização e agendamento de pedidos de materiais. Pode-se dizer que este foi um artigo visionário, já que não se limitou ao uso de “computadores para desenho” (*Computer Aided Design - CAD*), mas propôs “o uso de computadores ao invés de desenhos” (SACKS *et al.*, 2018).

Pesquisas e desenvolvimento de tecnologias nesse sentido começaram a surgir em meados de 1970 e ao longo da década de 1980 em toda a Europa e nos Estados Unidos. Porém a sua primeira definição nos parâmetros atualmente conhecidos, acontece em 1986 em um artigo publicado por Robert Aish² utilizando o termo *Building Modelling* (EASTMAN *et al.*, 2014). Aish (1986) descreve os benefícios teóricos e práticos na adoção de um sistema inteligente de projetos, além de como sua aplicação e desenvolvimento deveriam ser feitos. Pontos como modelagem 3D, objetos parametrizados e inteligentes, banco de dados gerado automaticamente a partir do modelo, atualização automática do modelo gerado em diferentes vistas, geração de um modelo digital de projeto consistente, *clash*

¹ EASTMAN, C. M. The Use of Computers Instead of Drawings in Building Design. **Journal of the American Institute of Architects**, [S. l.], p. 46-50, mar. 1975.

² O artigo foi publicado no *5th International Symposium on the Use of Computer for Environmental Engineering Related to Buildings* (EASTMAN *et al.*, 2014).

detection (identificação de conflitos entre diferentes componentes da obra ainda na fase de projeto), geração de *links* sobre o modelo que facilitam a identificação de onde os objetos se encontram, faseamento temporal dos processos de construção, entre outros fatores.

O termo *Building Information Modeling*, como é utilizado atualmente, foi publicado pela primeira vez em dezembro de 1992 por G. A. van Nederveen e F. P. Tolman na *Automation in Construction*, quando os autores falam sobre a decomposição dos ambientes do projeto em diferentes níveis de função e circulação, além da decomposição dos objetos, observando entre outros fatores, a interseção que pode ocorrer entre diferentes sistemas prediais. Análises sobre a energia necessária em cada um dos diferentes cômodos de acordo com sua conformidade térmica também foi abordada. Os autores citam ainda a importância do desenvolvimento integrado de projeto, permitindo que os diferentes atores da construção civil se relacionem ainda em sua concepção (VAN NEDERVEEN; TOLMAN, 1992).

Desde então a disseminação do BIM na academia e na indústria da construção civil vem sendo realizada de uma forma cada vez mais contundente, tendo em vista a característica de se trabalhar em um projeto multidisciplinar e compartilhado, além dos elevados avanços tecnológicos associados à sua implementação. O BIM proporciona o aumento na compatibilidade de projetos entre arquitetura e engenharia, sendo uma possível solução de problemas, como a baixa produtividade e perda de documentos, através de informações geradas digitalmente e de forma mais precisa (BASTO; LORDSLEEM JUNIOR, 2016). Além disso, as ferramentas BIM permitem a interação entre o escopo, tempo e custo de forma interativa e simplificada, permitindo atualizações automáticas do projeto quando uma das partes é alterada (PETERSON *et al.*, 2011).

Com a intenção de montar um guia para ajudar estudantes e profissionais da indústria da construção, Chuck Eastman, Paul Teicholz, Rafael Sack e Kathleen Liston lançam em 2008³ o *Manual de BIM*. Fazendo análises sobre suas

³ Versão original da obra, sob o título *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*.

tecnologias, benefícios potenciais, custos e infraestrutura necessária, além de discussões importantes a respeito de normas, práticas jurídicas associadas e a maneira que a construção civil está mudando perante a este novo paradigma (EASTMAN *et al.*, 2014).

2.1 DEFINIÇÕES DE BIM

O termo BIM pode ter 3 diferentes definições: *Building Information Model* (Modelo da Informação da Construção), que se refere ao modelo construído digitalmente pelos profissionais envolvidos no projeto, orientado à objetos paramétricos e inteligentes que contém características físicas e funcionais do empreendimento (BASTO; LORDSLEEM JUNIOR, 2016). *Building Information Management* (Gerenciamento de Informação da Construção), que representa o gerenciamento do empreendimento durante todo o seu ciclo de vida, compartilhando informações que possibilitam um estudo de viabilidade econômica mais preciso, controle dos processos e acompanhamento da edificação durante sua operação até sua demolição ou reforma (CHECCUCCI; AMORIM, 2014; BASTO; LORDSLEEM JUNIOR, 2016). E *Building Information Modeling* (Modelagem da Informação da Construção), um processo que é respaldado por plataformas tecnológicas interoperáveis que geram dados e documentação digital. A melhora do desempenho, dos processos, do planejamento, da construção e posteriormente de sua operação, é garantida através de práticas de colaboração entre equipes em um acesso simultâneo das informações geradas por elas (EASTMAN *et al.*, 2014; BASTO; LORDSLEEM JUNIOR, 2016).

Um cuidado que deve ser tomado ao se falar de BIM é a falsa impressão de se tratar apenas da apropriação de tecnologia, devido à necessidade de altos investimentos em softwares e infraestrutura operacional (RUSCHEL; ANDRADE; MORAIS, 2013). Deve-se, porém, observar seus benefícios que vão muito além da simples representação de modelagem 3D (AGUILAR-MOLINA; AZEVEDO JUNIOR, 2015).

Este trabalho adotou a definição de **Modelagem da Informação da Construção**, entendendo o BIM como uma mudança do relacionamento entre os atores envolvidos nos processos da Construção Civil. O BIM representa uma quebra

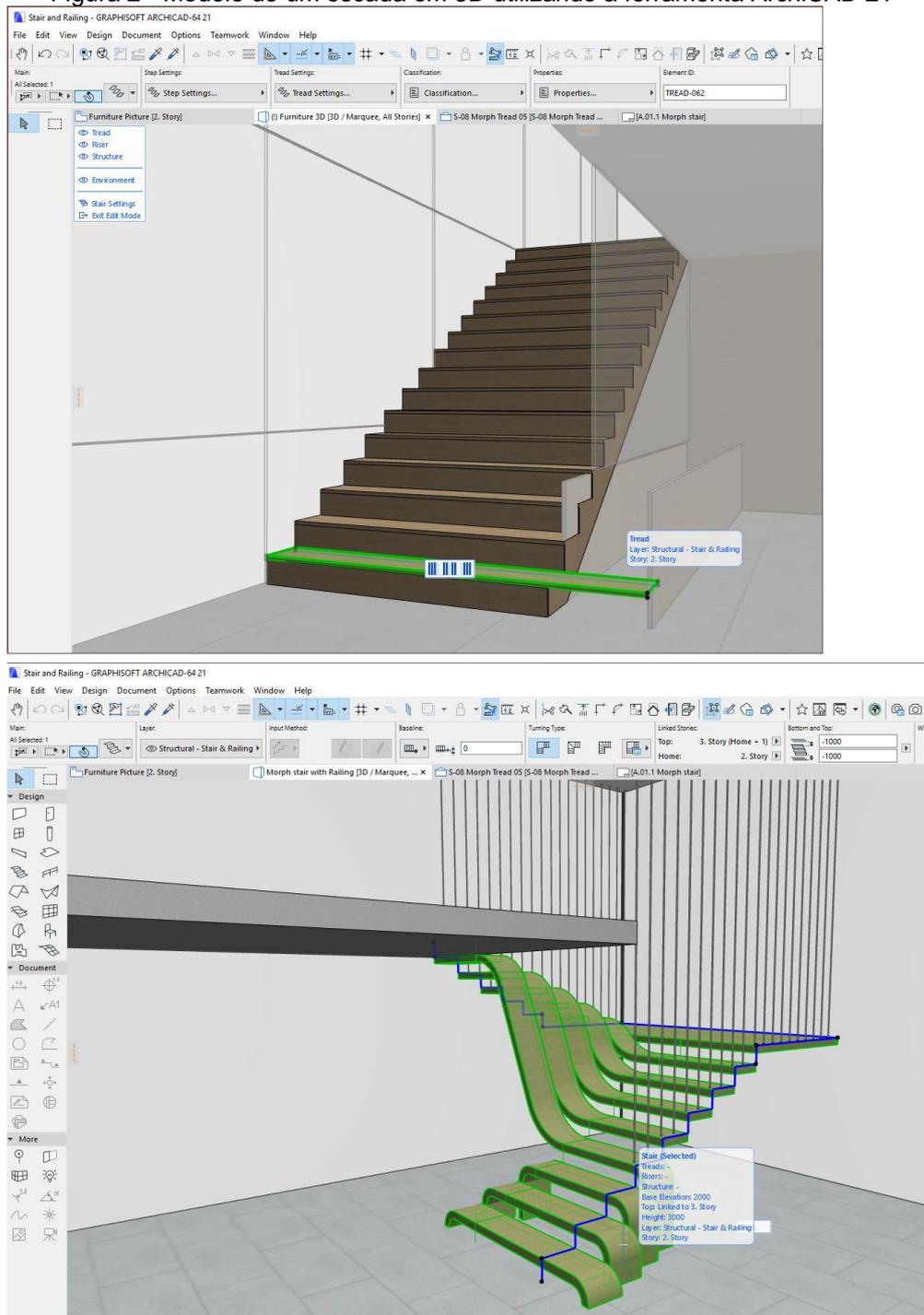
de paradigma na indústria da construção, promovendo mudanças profundas na forma como os processos acontecem.

2.2 OBJETOS PARAMÉTRICOS

Segundo Ruschel (2014, p. 3), “[...] em BIM a representação digital é um modelo de informação, isto é, o modelo geométrico acrescido de informações que caracterizam seus componentes.” Eastman *et al.* (2014), definem a modelagem paramétrica baseada em objetos, como não sendo gerada sobre geometrias e propriedades fixas, mas orientada a partir de parâmetros e regras que definem sua geometria. Tais parâmetros e regras são usados de maneira que os objetos atualizem sua forma e posição de acordo com os *inputs* feitos pelo projetista. “Objetos são definidos usando parâmetros envolvendo distâncias, ângulos e regras como *vinculado a*, *paralelo a* e *distante de*” (EASTMAN *et al.*, 2014, p. 29). O projetista define uma família de objetos ou uma classe de elementos que serão gerados usando essas regras pré-definidas, permitindo que durante o seu trabalho o software utilizado interprete as informações que estão sendo acrescentadas e atualize o modelo automaticamente de forma coerente no contexto em que está inserido, preservando as relações estabelecidas (WONG; WONG; NADEEM, 2011; EASTMAN *et al.*, 2014; CHECCUCCI; AMORIM, 2014; BASTO; LORDSLEEM JUNIOR, 2016; CBIC, 2016a). As novas tecnologias permitem o desenvolvimento e implementação de checagem automática de códigos de conformidade e construção de acordo com os requisitos definidos na modelagem da construção (SACKS *et al.*, 2018).

Um exemplo é a modelagem paramétrica utilizando o *software* ArchiCAD 21 da Graphisoft, no qual vários padrões de usabilidade e segurança, como largura do piso, a altura do elevador, a proporção ideal do piso e espelho, a largura mínima, posicionamento, altura dos corrimãos, espaçamento dos balaústres, entre outros, são empregados (MAKEBIM, 2017). A Figura 2 mostra a criação de uma escada utilizando a ferramenta em uma vista 3D, na qual é possível fazer a edição tendo uma visão espacial de todos os elementos ao seu redor. Também é ilustrada uma escada com um formato fora do comum, que também pode ser modelada com certa facilidade.

Figura 2 - Modelo de um escada em 3D utilizando a ferramenta ArchiCAD 21

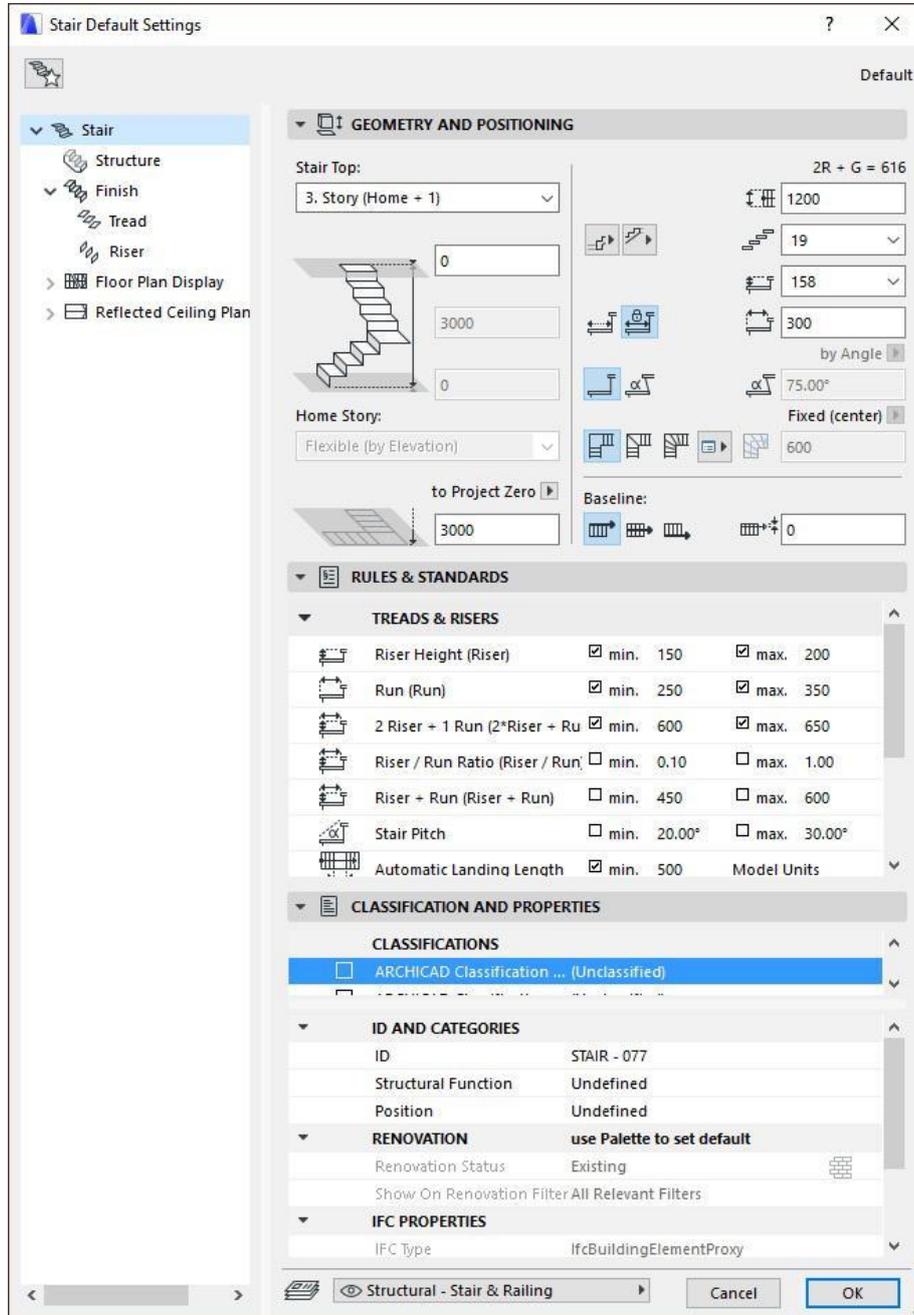


Fonte: MAKEBIM, 2017.

As regras para a criação das escadas podem ser vistas e configuradas na caixa de diálogo da ferramenta, conforme indicado na Figura 3. Configurações como geometria básica (altura total), largura, afastamento, altura do espelho, classificação, estrutura, acabamento dos guarda-corpos e dos espelhos, entre outras. As escadarias mais utilizadas pelo usuário podem ser salvas em uma aba

de “favoritos”, não sendo necessário o acesso da caixa de diálogo todas as vezes que a modelagem for realizada (MAKEBIM, 2017).

Figura 3 - Caixa de diálogo para configuração de escada modelada no ArchiCAD 21

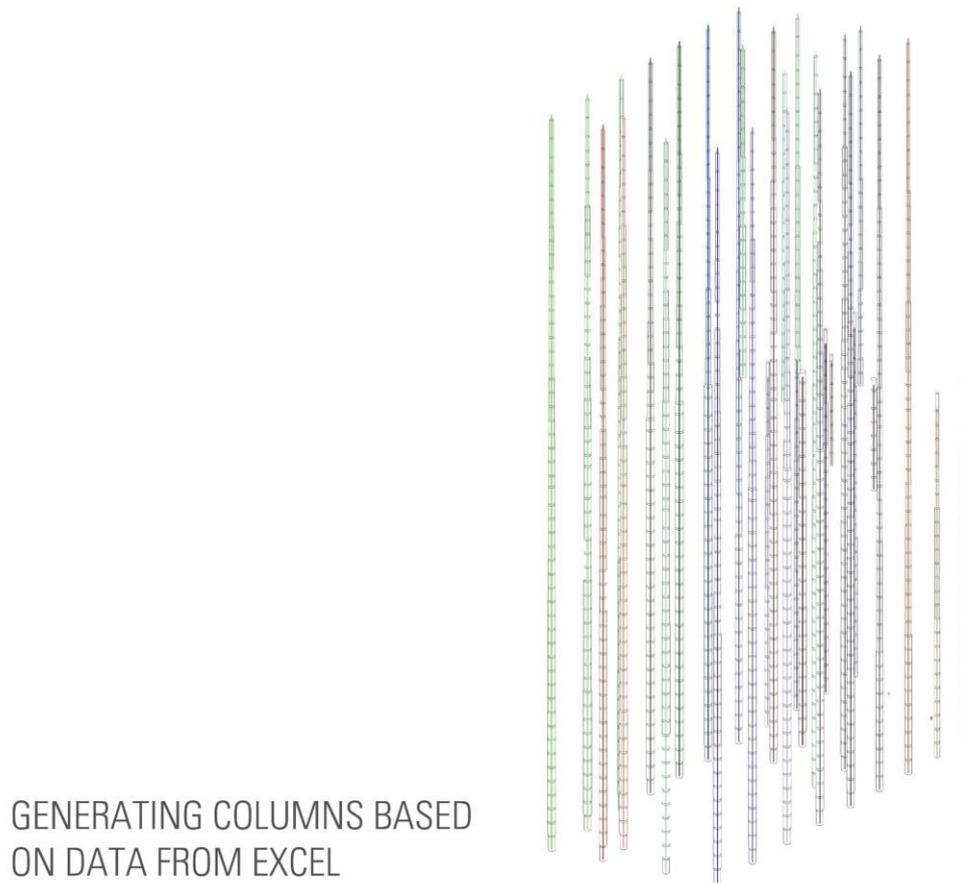


Fonte: MAKEBIM, 2017.

Outro uso interessante que as ferramentas BIM permitem é a importação de dados de um outro *software*, como por exemplo o Excel, e formar modelos a partir destes. As Figuras 4 e 5 mostram esse uso, nas quais a modelagem dos pilares e

vigas do edifício Parramatta Square⁴ (a mais alta edificação da Austrália) foi feita com a importação de dados do Excel para o OpenBuildings Designer GenerativeComponents (OBD-GC), da Bentley (FRAUSTO-ROBLEDO, 2020).

Figura 4 - Geração dos pilares estruturais com dados do Excel via OBD-GC



Fonte: JPW / Architosh, 2020.

⁴ O edifício Parramatta Square está localizado em Parramatta, New South Wales, Austrália, possui 120.000 m² em espaços destinados a escritórios e 233 metros de altura.

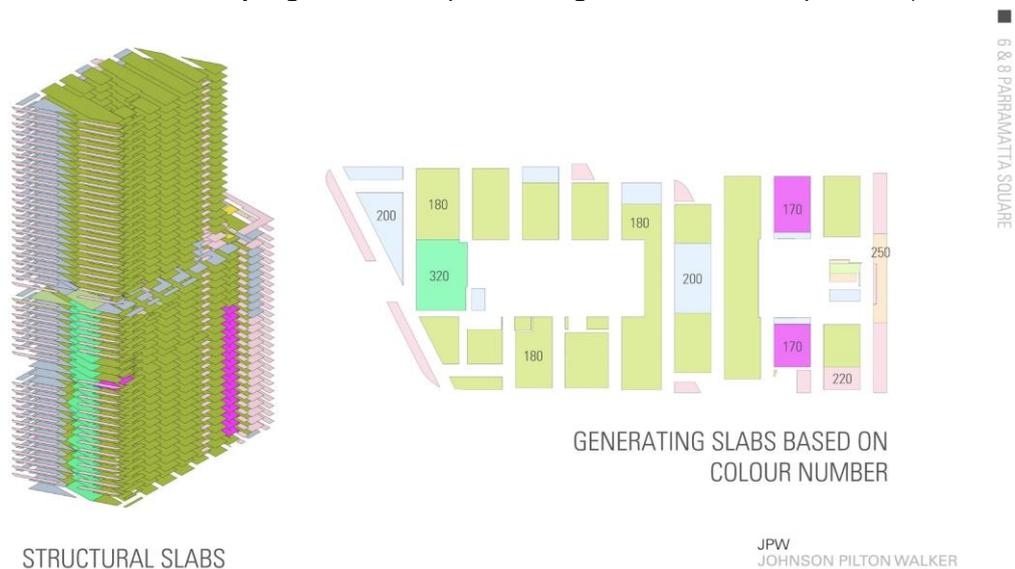
Figura 5 - A formatação condicional no Excel é transferida para scripts (OBD-GC), permitindo que as cores ajudem no processo de verificação visual do modelo



Fonte: JPW / Architosh, 2020.

As lajes do edifício foram criadas a partir de um *script* recursivo feito no OBD-GC, no qual os pisos foram exportados individualmente em todos os andares a partir do modelo estrutural gerado (FRAUSTO-ROBLEDO, 2020). Embora as lajes não tenham sido geradas por meio de dados do Excel, a mesma codificação de cores condicional foi escrita no OpenBuildings Generative Components (OBD-GC) para geração de lajes de piso (Figura 6).

Figura 6 – Modelo das lajes geradas no OpenBuildings Generative Components (OBD-GC)



Fonte: JPW / Architosh (2020).

Um objeto BIM permite não só a visualização 2D e 3D do componente, mas também a associação de informações, inclusive a geração de *links* externos com manuais específicos para manutenção, montagem, etc (CBIC, 2016a). No caso do exemplo anterior, a empresa contratada foi a responsável tanto pela parte estrutural, quanto pela arquitetura, gerando um modelo para a coordenação dos serviços e verificação dos cálculos estruturais (FRAUSTO-ROBLEDO, 2020).

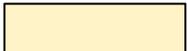
Os engenheiros estruturais enviaram dados tabulares sobre colunas, vigas e espessuras de laje; engenheiros gostam de ver números para verificar seus cálculos, mas os arquitetos querem ver desenhos ortogonais para ajudá-los a entender as implicações espaciais do projeto (FRAUSTO-ROBLEDO, 2020, tradução nossa⁵).

Os objetos gerados nas ferramentas BIM, são ainda classificados segundo a disciplina em questão (arquitetônicos, estruturais, sistemas prediais ou infraestrutura), incluindo além da forma, informações parametrizadas do objeto (material, fornecedor, especificações, peso, entre outras), o que permite além dos benefícios citados, a extração de tabelas e quantitativos precisos e bem detalhados. Outro ganho associado seria a extração automática de vistas, plantas e cortes, em que a modelagem feita em somente um plano de trabalho e o modelo é atualizado como um todo (RUSCHEL, 2014). Um paralelo pode ser feito ao uso de uma ferramenta qualquer de CAD 3D, na qual o projetista deve fazer todas as modificações inerentes à alguma atualização de forma manual e em todas as vistas do projeto (EASTMAN *et al.*, 2014). Além disso, os sistemas CAD geram modelos geométricos genéricos de sólidos e formas, desta forma apenas parâmetros relativos à posição e formato dos objetos podem ser observados (RUSCHEL, 2014).

O Quadro 2 representa a ficha técnica de um produto fabricado pela DECA, com todas as informações associadas ao modelo do objeto virtual BIM.

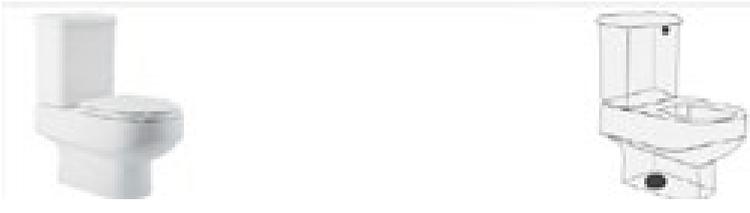
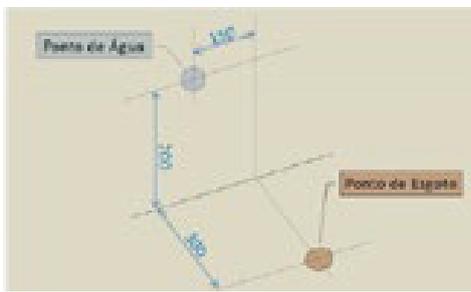
⁵ No original: “*The structural engineers sent over tabular data on columns, beams, and slab thicknesses; engineers like to see numbers to verify their calculations, but architects want to see orthogonal drawings to help them understand the spatial implications of the design.*” (FRAUSTO-ROBLEDO, 2020).

Quadro 2 - Ficha técnica de produto real fabricado pela DECA que foi usado como base para o desenvolvimento de seu correspondente objeto virtual BIM

Nome	Bacia p/ cx acoplada e cx acoplada dual flux - Carrara
Característica	Bacia de 6 lpf
Classificação	Louça
Segmento	Banheiro Luxo
Subsegmento	Luxo
Linha	Carrara
Material	Cerâmica (Vitrous China)
Peso Líquido Bacia	33,8 Kg
Peso Líquido Caixa	15,6 Kg
Consumo Meia Descarga	3 lpf
Consumo Descarga Completa	6 lpf
Cores	Branco Gelo  Creme  Ébano 
Códigos Bacia	P.606.17 P.606.37 P.606.95
Códigos Caixa Descarga	CD.11F.17 CD.11F.37 CD.11F.95
Fabricante	Deca 

Continua

Quadro 2 - Ficha técnica de produto real fabricado pela DECA que foi usado como base para o desenvolvimento de seu correspondente objeto virtual BIM (continuação)

Website / URL	www.deca.com.br
Normas Técnicas Relacionadas	ABNT NBR 15097-1 ABNT NBR 15097-2
Imagem Renderizada	Imagem Wire-Frame
	
Representação 2D (seguir normas específicas)	
	
Medidas para Instalação	
	
Produtos Relacionados	<ul style="list-style-type: none"> • Assento sanitário • Anel de Vedação - Decanel • Ligação Flexível • Parafuso de fixação

Fonte: CBIC, 2016a.

2.2.1 Famílias de objetos e Bibliotecas BIM

Os objetos BIM são gerados a partir de características observadas em objetos da vida real, atribuindo-os parâmetros específicos de acordo com seu uso. Atributos como exigências técnicas de desempenho, características visuais, especificações de construção, detalhamento, marca, entre outros fatores que podem influenciar na escolha e fabricação desses objetos, tornam-se um guia para a sua implementação. O mesmo objeto pode ser utilizado diversas vezes no mesmo projeto ou em outros posteriores (EASTMAN *et al.*, 2014).

Eastman *et al.* (2014) seguem definindo essas representações geométricas em 2D e 3D como *Building Element Models* (BEM - Modelos de Elementos da Construção, em tradução direta), nas quais produtos físicos como portas, janelas, equipamentos, móveis, paredes com estruturas complexas, telhados, lajes, pisos e outros produtos específicos, são altamente detalhados.

Existem inúmeras famílias de objetos gratuitas disponíveis por fabricantes e vendedores na *internet*, semelhantes aos blocos de desenho usados nos sistemas CAD. Fabricantes como DECA, DOCOL e Tigre, por exemplo, têm bibliotecas completas de objetos BIM correspondentes aos seus produtos (CBIC, 2016a). Porém, como Eastman *et al.* (2014) sugerem, cabe às empresas a capacidade de desenvolver as suas próprias famílias de objetos, baseadas em suas boas práticas e visando a melhoria constante de seus processos.

No Brasil, o governo federal promulgou em 17 de maio de 2018 a “Estratégia Nacional de Disseminação BIM” (“Estratégia BIM BR”) e mostrando alinhamento com essa estratégia, em uma ação conjunta entre o Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) e a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), lança a Plataforma BIM BR, na qual é hospedada a Biblioteca Nacional BIM (BNBIM). Conforme praticado em bibliotecas internacionais, a BNBIM tem o intuito de fomentar boas prática a respeito do BIM por órgãos públicos e instituições privadas, promovendo a expansão do conceito através de uma biblioteca bem estruturada. Com objetos condizentes com os encontrados no mercado nacional, eleva a qualidade e a consistência nos dados gerados que serão utilizados pela indústria da construção (ABDI, 2018).

2.3 DIMENSÕES E FASES DE DESENVOLVIMENTO BIM

Outro aspecto importante envolvido no uso do conceito BIM, é a capacidade avaliativa dos processos ainda na fase de desenvolvimento. O BIM tem a intenção de preencher a lacuna entre o projeto e a performance da construção, além de melhorar a qualidade dos documentos que serão utilizados na operação. Abrange todo o ciclo de vida da edificação, fornecendo uma base de desenhos e relatórios consistentes a respeito das informações atreladas ao modelo em todas as escalas e fases do empreendimento (EASTMAN *et al.*, 2014).

Informações de projeto se referem a um universo de modelos, desenhos, *e-mails*, marcações, envios, transmissões, reuniões, imagens, contratos, especificações, pedidos de alteração e documentação criada no decorrer de projetar, construir e operar instalações, incluindo limitações, avaliações e restrições impostas (KAPOGIANNIS; GATERELL; OULASOGLU, 2015, p. 1078, tradução nossa⁶).

Kapogiannis, Gaterell e Oulasoglou (2015) definem os níveis de detalhamento em que o projeto se aprofunda como dimensões (D) BIM, sendo elas: projeto com detalhamento preciso (3D), estimativas de tempo e prazos (4D), estimativas de custos (5D), estratégias de compra e contratos (6D) e sustentabilidade (7D). Porém vale ressaltar que ainda não existe um consenso da academia quanto à quantidade de dimensões totais. Alguns autores dizem existir mais, outros menos, e há discordância quanto às definições dessas dimensões. Um exemplo é a Figura 7, na qual o autor diz que 6D é a etapa de operação.

Segundo Succar (2009) e Ruschel, Andrade e Morais (2013), a aplicação do BIM pode ser dividida em 3 fases de aprimoramento. Na primeira através do uso de ferramentas de modelagem paramétrica em 3D, podem-se extrair informações precisas de dimensões, quantitativos de materiais e diversos tipos de relatórios. Em uma segunda etapa, dá-se início ao compartilhamento multidisciplinar do projeto envolvendo uma ou duas fases do mesmo (arquitetura, estrutura e/ou gerenciamento de custos). Os resultados desse estágio BIM são modelos 4D

⁶ No original: “‘Project information’ refers to the universe of models, drawings, emails, markups, submittals, transmittals, meeting minutes, images, contracts, specifications, change orders and other documentation created in the course of designing, building and operating large facilities including constraints, surveys imposed restrictions.” (KAPOGIANNIS; GATERELL; OULASOGLU, 2015, p.1078).

(planejamento da obra associado ao tempo de execução) e 5D (modelo de previsão de custos e verificação de conflitos, *clash detection*), tendo uma consequente melhoria das informações extraídas do modelo.

Succar (2009) complementa que a terceira etapa implica na adoção do IPD⁷ (*Integrated Project Delivery* ou Entrega Integrada de Projeto, em uma tradução direta), sob uma abordagem que agrega pessoas, sistemas, estruturas organizacionais e práticas, em um processo colaborativo e síncrono, que necessita de confiança e respeito mútuo. O autor segue dizendo que essa prática tem o objetivo de aproveitar talentos em diversas áreas de atuação, a fim de obter um produto final de excelência com redução de perdas, melhoria nos processos de *design*, fabricação e construção, otimização de prazos, além de agregar valor ao proprietário.

As dimensões BIM usadas de maneira correta e coerente, podem ajudar a reduzir vulnerabilidades de performance durante todo o ciclo de vida do empreendimento, desde a concepção do projeto até a revitalização ou demolição (KAPOGIANNIS; GATERELL; OULASOGLU, 2015). A coerência na continuidade do trabalho de uma etapa para a outra, possibilita a redução de erros e aumenta os ganhos exponencialmente em toda a cadeia produtiva (MELLO, 2012).

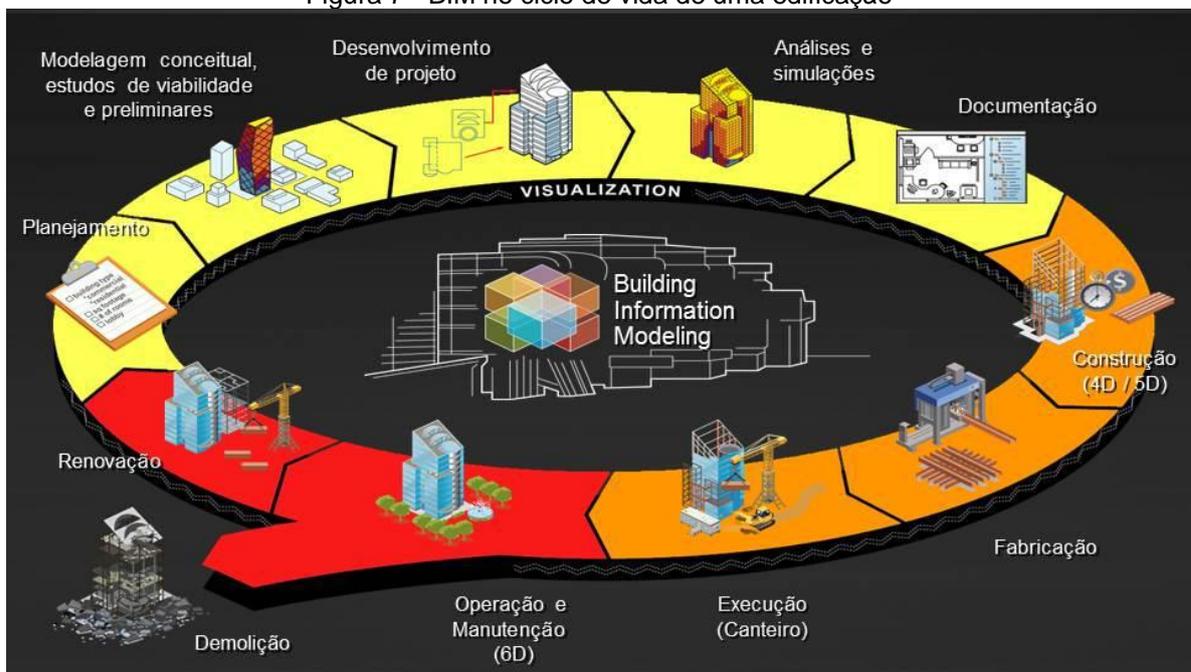
Como sugerido por Ruschel (2014), ferramentas de compatibilização entre os diferentes modelos, como arquitetônico, estrutural e sistemas prediais, podem prever possíveis sobreposições e conflitos ainda na fase de projeto. Ferramentas que verificam normas e requisitos específicos de projeto também podem ser utilizadas. Os conceitos de interoperabilidade e uma tabela com *softwares* específicos serão vistos de forma mais aprofundada nas seções 2.6 e 2.8.

A Figura 7 representa como o BIM pode ser empregado durante todo o ciclo de vida de uma edificação. As etapas definidas por Mello (2012) são abordadas a seguir:

⁷ A comparação entre o processo tradicional praticado pela construção civil com o IPD é feita no Quadro 3, que se encontra na seção 2.7, *Trabalho colaborativo proporcionado pelo BIM*.

- *Etapa de Projetos - Amarelo:* inicia na concepção, passando por projeto básico e executivo, integração projeto-construção, simulações e documentação. É a parte mais importante do processo, pois dela são extraídas todas as informações necessárias para uma boa execução do empreendimento;
- *Etapa de Construção - Laranja:* a partir do modelo gerado, são possíveis análises estratégicas do modelo em 4D (tempo) e 5D (custo), bem como subsidiar a fabricação de peças, o controle de materiais e pessoal, além do acompanhamento da montagem e manutenção do canteiro de obras;
- *Etapa de Operação, Manutenção, Renovação e Demolição - Vermelho:* recebem informações do *as built* e informações relevantes a respeito do empreendimento, possibilitando a manutenção dos sistemas, gerenciamento espacial da edificação, monitoramento do consumo de energia, dentre outras possibilidades.

Figura 7 - BIM no ciclo de vida de uma edificação



Fonte: Mello, 2012.

2.4 LEVEL OF DEVELOPMENT - LOD

O conceito de LOD dentro da tecnologia BIM foi inicialmente associado ao nível de detalhamento (*Level Of Detail*) e posteriormente ampliado ao nível de desenvolvimento (*Level Of Development*), tendo como base a evolução da representação gráfica do objeto modelado (CBIC, 2016a).

O LOD está associado à confiabilidade do modelo gerado para utilização, atribuindo a ele informações sobre montagem, material, fornecedor, peso específico, características de embalagem, entre outras. Essa é uma definição importante em um processo de trabalho colaborativo como o BIM, pois as características visuais do objeto podem ser as mesmas (componente genérico), enquanto as informações a ele atribuídas são mais precisas (componente específico). Essas descrições tornam o fluxo de trabalho mais fluido, e os usuários que estão mais a jusante no desenvolvimento recebem com clareza o modelo que estão trabalhando (*ibidem*).

A *American Institute of Architects* (AIA), principal entidade norte americana que representa os seus arquitetos, faz uma definição que especifica 5 diferentes níveis de LOD. Publicados em seu catálogo como *G202-2013 Project BIM Protocol Form*, fornece definições, desenhos e esquemas que caracterizam as suas funcionalidades e sistemas nos diferentes níveis de desenvolvimento. Esse manual de especificações tem a finalidade de melhorar a comunicação entre os diferentes atores da construção civil, tendo objetivos específicos como: ajudar as equipes, inclusive proprietários, quanto ao nível de desenvolvimento que as entregas devem ter; ajudar gerentes a explicar até qual deve chegar o desenvolvimento do projeto, e; promover a especificação em contrato do nível de desenvolvimento do projeto gerado em BIM (AGC, 2019). O uso destes níveis, embora desenvolvidos para a realidade norte americana, pode ser usado como base para o cenário brasileiro e estão descritos a seguir conforme documento publicado pela AGC, AIA e BIM Forum:

LOD 100: não representam uma informação geométrica do objeto. O modelo pode ser representado graficamente por símbolos ou outra representação genérica que mostre a existência de um componente. Porém, não possui informações a respeito de sua forma, tamanho e localização exata. As informações nesse nível devem ser consideradas como aproximadas.

LOD 200: são mostrados os espaços destinados aos objetos modelados. Os componentes serão reconhecidos pelo que representam ou o volume que irão ocupar. As informações nesse nível devem ser consideradas como aproximadas.

LOD 300: a quantidade, tamanho, forma, localização e orientação dos elementos podem ser retirados diretamente do modelo, sem a necessidade de uma referência externa como informações ou notas de especificação de objetos. Os elementos nesse nível estão localizados com acurácia de projeto.

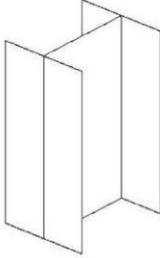
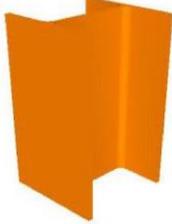
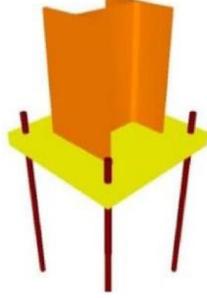
LOD 350: muito semelhante ao LOD 300, porém nesse nível ainda são acrescentadas partes necessárias para a coordenação dos objetos, como suportes e conexões, tornando o modelo mais completo.

LOD 400: neste nível os objetos são modelados com a precisão necessária para a fabricação de seus elementos.

LOD 500 (não utilizada): o nível de LOD 500 é relacionado ao elemento que foi instalado em campo, *as built*. Ocorre através da verificação das especificações usadas, porém não é ilustrada em projeto.

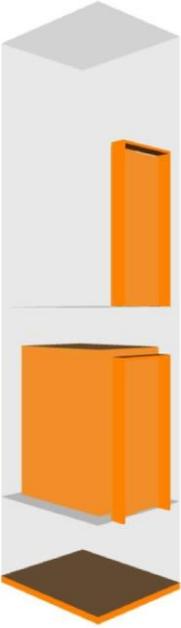
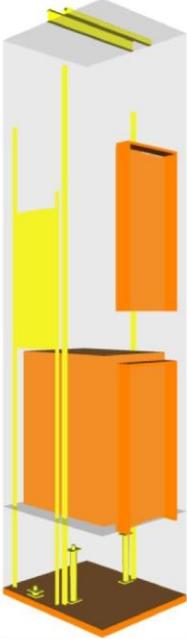
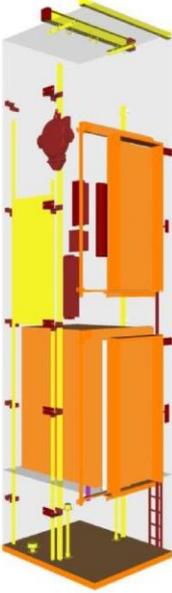
As Figuras 8 e 9 representam os diferentes níveis de LOD em diferentes elementos e sistemas da edificação, de acordo com as características descritas acima.

Figura 8 - Diferentes níveis de LOD em um pilar estrutural em *steel frame*

				
<p>LOD 100</p> <p>Elemento genérico da coluna.</p> <p>As premissas para enquadramento estrutural serão retiradas a partir de outros elementos no desenho, como por exemplo o piso arquitetônico, que contém uma camada com a suposta profundidade estrutural.</p> <p>Profundidade / espessura da montagem ou tamanho e local dos componentes ainda flexível.</p>	<p>LOD 200</p> <p>Modelagem de elementos, que incluem:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Piso com dimensões aproximadas; • Estruturas de suporte com dimensões aproximadas; • Modelo estrutural da peça definida com precisão. 	<p>LOD 300</p> <p>Modelagem de elementos, que incluem:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tamanhos específicos da estrutura vertical dos elementos, com acurácia em orientação e localização. 	<p>LOD 350</p> <p>Modelagem de elementos, que incluem:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elevações e localização das conexões; • Principais elementos aplicados em todas as conexões estruturais de aço, como: placas de base, reforço de placas, hastes de ancoragem, etc. • Elementos de aço diversos com tamanho, forma, orientação e material corretos; • Qualquer estrutura de aço que funcione para reforço. 	<p>LOD 400</p> <p>Modelagem de elementos, que incluem:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Soldas; • Encaixe entre elementos; • Arruelas, porcas, etc; • Todos os elementos de montagem.

Fonte: Baseado em AGC, 2020.

Figura 9 - Diferentes níveis de LOD da instalação de todo o mecanismo necessário para o funcionamento de um elevador

				
<p>LOD 100</p> <p>Modelo esquemático do elemento que não faz distinção entre o tipo ou material.</p> <p>Tamanho e localização dos componentes ainda flexível.</p>	<p>LOD 200</p> <p>Representação genérica do poço do elevador, incluindo o caminho crítico e zonas de embarque.</p>	<p>LOD 300</p> <p>Elementos específicos do sistema modelados por tipo, incluindo todos os caminhos de trilho e zonas de embarque.</p> <p>Poços e/ou salas de controle e equipamentos associados a serem modelados, caso necessário.</p> <p>Principais elementos de suporte estrutural modelados. Conexões com equipamentos mecânicos ou elétricos.</p>	<p>LOD 350</p> <p>Dimensionamento ajustado às especificações reais do fabricante.</p> <p>Guias das faixas/trilhos.</p> <p>Zonas de serviço/acesso.</p>	<p>LOD 400</p> <p>Todas as conexões, suportes, enquadramentos e outros componentes suplementares.</p>

Fonte: Baseado em AGC, 2020.

2.5 NORMALIZAÇÃO BIM

Por ser uma nova forma de se pensar a construção civil, utilizando novos métodos associados à novas tecnologias, modificando relações interpessoais entre as partes envolvidas e as diversas fases que compõem o ciclo de vida do empreendimento, são necessárias normas que direcionem as formas mais corretas

de adoção e desenvolvimento do panorama BIM. Ruschel e Cuperschmid (2018) sugerem que o uso do BIM, assim como de qualquer tecnologia inovadora, tem suas dificuldades e desafios até seu entendimento completo e eficaz. Desta forma, as entidades governamentais do Brasil e do mundo estão desenvolvendo diretrizes que auxiliem esse movimento.

Com a crescente demanda por conceitos avançados de projeto e a rapidez no aumento de terminologias de processos, a *International Organization for Standardization* (ISO) observou a necessidade da criação de uma norma para classificar e descrever os processos. A criação da **ISO 12006-2:2001**⁸, estabelece uma estrutura de classes genéricas de interesse em construção e gerenciamento de instalações, sendo um importante ponto de partida para desenvolver tabelas de classificação detalhadas (EASTMAN, 2005).

Uma base criada para classificar e organizar informações sobre objetos e métodos para a construção utilizando BIM é a **OmniClass™ Construction Classification System (OCCS)** ou simplesmente OmniClass™. Desenvolvida a partir da ISO 12006/2001 e utilizada pela indústria de AEC norte americana, abrange todo o ciclo de vida do empreendimento, indo desde sua concepção até sua demolição ou reuso, observando os diferentes tipos de edificação que podem compor o ambiente construído (CSI, [20-]).

No Brasil, a Comissão Especial de Estudos de Modelagem de Informação na Construção, ABNT/CEE-134, foi incumbida de traduzir a norma ISO 12006-2/2001, publicando a **ABNT NBR ISO 12006-2:2010** e está sendo a responsável pelo desenvolvimento da **ABNT NBR 15965**⁹, que trata da primeira Norma BIM Brasileira. Tomando como referência a ISO e como texto base a classificação norte americana OmniClass™, tem a função de criar um sistema de classificação nacional das informações geradas no processo BIM (CATELANI; SANTOS, 2016). Entre as classificações estão presentes, por exemplo, tabelas que caracterizam o edifício

⁸ ISO 12006-2:2001 *Building construction - Organization of information about construction works – Part 2: Framework for classification of information* (ISO 2002).

⁹ *ABNT NBR 15965 Sistema de classificação da informação da construção*. É uma Coletânea Eletrônica de Normas Técnicas, na quais são reunidas normas que fornecem orientações sobre a aplicação da modelagem da informação da construção (ABNT, 2020).

como um todo e seus ambientes segundo seu uso, forma e função. Além dessas, existem tabelas que tratam sobre a fase do ciclo de vida da edificação, produtos, equipamentos necessários, serviços, disciplinas envolvidas, entre outras. As classificações feitas pelas normas serão distribuídas em tabelas de fácil compreensão, não apenas por profissionais, mas também por softwares de computador, servindo para criar estruturas analíticas de projeto (EAPs) padronizadas e codificadas, podendo-se extrair informações precisas dos arquivos gerados (CBIC, 2016b). Vale ressaltar que as tabelas contidas na norma brasileira não são uma simples tradução da OmniClass™, tendo em vista que estas foram criadas a partir da realidade daquele país, sendo incluídas soluções construtivas, técnicas e componentes específicos do Brasil (CATELANI; SANTOS, 2016). A intenção dos desenvolvedores da norma brasileira é que seus parâmetros e classificações já estejam embutidos nos softwares BIM, gerando tabelas de quantitativos com referências precisas dos materiais e serviços planejados, assim como acontece na OmniClass™.

A fim de normalizar a parte de gerenciamento das informações dos processos colaborativos BIM nas fases de entrega e operação, foi criada a **ISO 19650:2018**¹⁰. Dividida em duas partes, na qual a primeira trata de conceitos e princípios que são recomendações para todos os atores envolvidos em um processo que envolve BIM, desde os clientes e equipe de projetos aos fornecedores e fabricantes em todo o ciclo de vida da edificação; a segunda parte trata das fases de entrega do projeto, fornecendo informações específicas à equipe de projeto dos ativos construídos. A publicação da ISO 19650/2018 cria um ambiente favorável às instituições que desejam implementar o BIM em seus processos, minimizando perda de tempo em atividades e melhorando a previsão em torno dos custos e tempo. Traz uma abordagem comum no gerenciamento das informações, em um alinhamento da indústria a respeito das boas práticas de construção e projeto (BSI, 2019). A tradução pela ABNT desta norma internacional se encontrava em desenvolvimento

¹⁰ *BS EN ISO 19650-1: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling -- Information management using building information modelling: Concepts and principles*, e *BS EN ISO 19650-2: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling - Information management using building information modelling: Delivery phase of the assets*.

durante a elaboração deste trabalho sob o nome NBR ISO 19650 com o mesmo conteúdo da norma original.

Além disso, segundo Eastman *et al.* (2014), o intercâmbio de dados entre computadores de modelos de objetos complexos, com geometrias e parâmetros específicos torna o arquivo muito grande, a ponto de ser inutilizável. Observando esse fato, a *International Organization for Standardization* (ISO) criou o Comitê Técnico TC-184, responsável pelo desenvolvimento de um padrão de exportação dos dados de produtos entre computadores na chamada **ISO 10303**¹¹, também conhecida como **STEP (Standard for the Exchange of Product model data)**. Tendo sido criada com o objetivo de garantir a apresentação, integração e intercâmbio de dados entre computadores, independente do sistema nativo em que o modelo tenha sido criado (CBIC, 2016a).

A fim de facilitar a interoperabilidade entre os sistemas, foram criados modelos de dados pela indústria que serão tratados no tópico seguinte.

2.6 INTEROPERABILIDADE ENTRE SISTEMAS BIM

Segundo Eastman *et al.* (2014, p.65) “a *interoperabilidade* representa a necessidade de passar dados entre aplicações, permitindo que múltiplos tipos de especialistas e aplicações contribuam para o trabalho em questão”. Porém devido à grande quantidade de plataformas BIM existentes no mercado, é natural que a comunicação entre os arquivos exportados tenha conflito, pois não necessariamente o formato nativo destes *softwares* será compatível, apesar do grande número de funções correspondentes (CBIC, 2016b). Desta forma, é necessário criar uma base de dados que promova o intercâmbio dessas informações entre os *softwares*.

Eastman *et al.* (2014) definem 4 tipos diferentes de formato para fazer esse intercâmbio:

- i. *Ligações diretas e proprietárias entre ferramentas BIM específicas:*

¹¹ ISO 10303 – *Automation systems and integration – Product data representation and Exchange.*

Eastman *et al.* (2014) dizem que as ligações diretas promovem a interface entre 2 *softwares*, chamada de uma ou ambas aplicações. Esse é o tipo de intercâmbio mais adotado por empresas, pois pode ser feito um melhor suporte dos arquivos desejados, evitando a utilização das aplicações por concorrentes (funcionalidades estipuladas de acordo com a necessidade da companhia) e tem uma interface definida de acordo com as necessidades da empresa.

ii. Formatos proprietários, lidando principalmente com a geometria:

Os formatos proprietários servem para fazer a comunicação entre dois *softwares* específicos, não tendo interação com um sistema diferente do que foi estipulado (CBIC, 2016b). Segundo Leal (2018), “extensão proprietária ocorre quando um fabricante tem a propriedade de vários *softwares* e eles conversam através de uma extensão”. Enquanto as ligações diretas tem um sistema binário, o formato de intercâmbio proprietário tem uma linguagem em forma de texto, legível por humanos (EASTMAN *et al.*, 2014).

iii. Formatos públicos:

Os formatos públicos podem funcionar para um segmento específico, como o CIS/2 (*Steel Integration Standard*) para estruturas metálicas, ou ter um formato aberto como o IFC (*Industry Foundation Classes*) (CBIC, 2016b). Estes formatos carregam propriedades específicas dos objetos, como material, textura e geometria, além de relações entre eles (EASTMAN *et al.*, 2014). Por ter uma linguagem universal, esse tipo de intercâmbio permite o usuário escolher as aplicações que melhor se adaptem ao seu projeto (LEAL, 2018).

O formato IFC, por ter um formato aberto e normas bem elaboradas, é o mais difundido mundialmente e será abordado de forma mais aprofundada a seguir.

iv. Formatos baseados em XML:

O formato XML, que significa *eXtensible Markup Language* (Linguagem de Marcação Extensível, em tradução direta), é uma extensão para a linguagem de base web HTML. Tem um bom uso para pequenas quantidades de troca de dados comerciais entre duas aplicações que suportam esse tipo de intercâmbio (EASTMAN *et al.*, 2014).

2.6.1 Industry Foundation Classes - IFC

O IFC é um formato neutro de arquivos, não nativo dos *softwares*, que tem a função de fazer a interoperabilidade entre soluções desenvolvidas por diferentes empresas, a fim de viabilizar o trabalho colaborativo em BIM (CBIC, 2016b). Em geral é definido como uma descrição digital padronizada do ambiente construído (BUILDINGSMART..., [20-]).

Baseado nos conceitos da linguagem EXPRESS da ISO-STEP (mencionada na seção 2.5), são adotados conceitos de orientação à objetos. Esses objetos são orientados à linguagem computacional, ou seja, de maneira abstrata, não sendo apenas a representação física, mas de orientação, materiais envolvidos, geometria, conjuntos de processos, relações, entre outros (EASTMAN *et al.*, 2014). As informações geridas podem ser acessadas entre as diferentes disciplinas (Arquitetura, Estruturas, Instalações, etc.), podendo ser rapidamente filtradas (CBIC, 2016b).

Padronizado e certificado pela **ISO 16739-1:2018**¹² como um modelo de troca de dados abertos, tem a função de fazer a comunicação entre todos os agentes da construção civil e do gerenciamento das instalações, em um padrão que atua ao longo de todo o ciclo de vida da edificação. As atualizações desta ISO ocorrem constantemente a fim de ampliar o escopo e incluir estruturas de dados que auxiliem na manutenção dos modelos (ISO, 2020).

Oferecido a todos os desenvolvedores de softwares, tem sido amplamente utilizado no setor, sendo inclusive implementado formalmente por governos e agências de diversos países (CBIC, 2016b). A buildingSMART International é a mais importante entidade na difusão do *openBIM*¹³, promovendo e liderando a transformação digital na construção civil, fornecendo orientação e governança de softwares, pessoas e organizações através de treinamentos de certificação.

¹² ISO 16739-1:2018 *Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries — Part 1: Data schema*.

¹³ O *openBIM* estende os benefícios proporcionados pelo BIM, melhorando a acessibilidade, usabilidade, gerenciamento e a sustentabilidade dos dados digitais na indústria de ativos construídos (BUILDINGSMART..., [20-]).

Também auxilia no desenvolvimento de normas e soluções internacionais a respeito do IFC e adoção do BIM (BUILDINGSMART..., [20-]).

2.7 TRABALHO COLABORATIVO PROPORCIONADO PELO BIM

Um dos principais conceitos inerentes à adoção do BIM nos processos nos quais é implementado, é a colaboração. A partir do modelo virtual gerado, equipes colaborativas realizam um trabalho multidisciplinar integrado, do qual retiraram as informações necessárias para a gestão do empreendimento (BASTO; LORDSLEEM JUNIOR, 2016). E, como Barison e Santos (2011) enfatizam, a integração entre diferentes disciplinas de trabalho se faz necessária. Além disso, é fundamental a organização de diretrizes e premissas que documentem e compartilhem todas as informações geradas ao grupo de trabalho (CBIC, 2016b).

A segunda fase de desenvolvimento BIM, mencionada por Succar (2009), se refere à colaboração sobre o modelo gerado. O autor menciona além da interoperabilidade entre os *softwares*, a colaboração sobre o modelo gerado, na qual são envolvidas uma ou duas fases do ciclo de vida do projeto. Os exemplos citados pelo autor incluem: o intercâmbio entre os modelos de arquitetura e estrutural (*Design-Design*, DD), entre os modelos estrutural e de aço (*Design-Construction*, DO) e entre os modelos de arquitetura e manutenção das instalações (*Design-Operations*, DO). Porém, Barison (2015) atenta ao fato de que esse processo colaborativo e integrado proporcionado pelo BIM, acontece somente se todos os membros envolvidos no projeto puderem trocar, livremente, os dados do modelo entre diferentes aplicações e plataformas. Desta forma, é necessária uma equipe de implementação BIM que direcione e identifique todas as interfaces que existirão no fluxo de trabalho colaborativo, detalhando as responsabilidades dos agentes envolvidos no processo (CBIC, 2016b).

Como citado na seção 2.3, Succar (2009) define o IPD (*Integrated Project Delivery*) como uma nova maneira de se pensar as entregas da construção civil, representando uma ruptura nas formas tradicionais praticadas pela indústria ao ter uma colaboração efetiva no projeto, envolvendo o proprietário, o projetista e o construtor, desde a concepção do empreendimento até sua entrega. Segundo o documento da CBIC (2016c), a confiança entre os participantes envolvidos no projeto é essencial, definindo alianças estratégicas que irão compartilhar decisões,

riscos e resultados. O Quadro 3, lista algumas diferenças entre o processo tradicional empregado pela construção civil e o processo com a adoção do IPD, considerando as suas seis principais características.

Quadro 3 - Comparação entre o modelo tradicional de negócios e o modelo IPD

ASPECTO	PROCESSO TRADICIONAL	IPD
Equipes	<ul style="list-style-type: none"> • Fragmentadas • Montadas de acordo com as necessidades específicas • Equipes dimensionadas com os mínimos recursos imprescindíveis • Organizadas com hierarquia rígida • Bastante controladas 	<ul style="list-style-type: none"> • Uma equipe integrada composta por representantes de todos os principais envolvidos • Equipe montada desde as fases mais iniciais do projeto • Equipe aberta • Equipe focada no trabalho colaborativo
Processo	<ul style="list-style-type: none"> • Linear • Específicos • Segregados • Conhecimentos acessados conforme as necessidades específicas • Informações acumuladas • Silos de conhecimento e especialidades 	<ul style="list-style-type: none"> • Concorrente e combinado entre os diferentes níveis • Antecipação das contribuições de especialidades e conhecimento • Informações compartilhadas abertamente • Respeito e confiança mútua entre os participantes
Riscos	<ul style="list-style-type: none"> • Gerenciados de forma individual • Transferidos para a maior extensão possível 	<ul style="list-style-type: none"> • Gerenciados coletivamente • Apropriadamente divididos entre os participantes

Continua

Quadro 3 - Comparação entre o modelo tradicional de negócios e o modelo IPD (continuação)

Remuneração/ Compensação	<ul style="list-style-type: none"> • Perseguida individualmente • Baseado no emprego do mínimo esforço para a obtenção do máximo retorno • Em geral, baseado principalmente nos custos 	<ul style="list-style-type: none"> • O sucesso da equipe é condicionado diretamente ao sucesso do empreendimento • Baseado em valor agregado
Comunicações/ Tecnologia	<ul style="list-style-type: none"> • Fluxos baseados em documentos • Desenhos desenvolvidos em CAD 2D • Analógicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Fluxos baseados em informações digitais, construção virtual • BIM – <i>Building Information Modeling</i>, abrangendo 3, 4 ou n dimensões
Acordos	<ul style="list-style-type: none"> • Encoraja esforços unilaterais • Aloca e transfere riscos • Sem compartilhamento 	<ul style="list-style-type: none"> • Promove, estimula e apoia o compartilhamento multilateral e o trabalho colaborativo • Riscos compartilhados

Fonte: CBIC, 2016c.

2.8 PRINCIPAIS PLATAFORMAS BIM PRESENTES NO MERCADO

Nesta seção são mencionados os principais *softwares* presentes no mercado brasileiro, sendo indicadas suas funções, recursos e fase da obra em que cada um pode ser utilizado (Quadro 4). Para fazer a listagem, foi utilizado o Quadro desenvolvido por Leal (2018) a partir da análise dos *softwares* divulgados pela CBIC (2016b) e outros programas utilizados no mercado durante o desenvolvimento de sua tese. É importante ressaltar que os *softwares* existentes sofrem constantes atualizações de funcionalidades e novos produtos surgem anualmente.

Quadro 4 - Principais *softwares* BIM do mercado brasileiro

Legenda das atividades:

PRÉ-OBRA	1	Desenvolvimento de modelos e visualização	OBRA	8	Fabricação	PÓS-OBRA	13	Operação, gestão de ativos, gestão de manutenção
	2	Coordenação e verificação de códigos		9	Layout e verificação			
	3	Simulação		10	Execução no campo			
	4	Quantificação		11	Administração da construção			
	5	Orçamento		12	Comissionamento e entrega			
	6	Planejamento 4D						
	7	Detalhamento						

	Software	Principais Atividades	Fase do ciclo de vida edificação	Principais funções
Autodesk base em desktop	Revit	1, 2, 3, 4, 7	Pré-obra	Desenvolve modelos de arquitetura, estrutura e sistemas prediais; faz levantamento de quantitativos, geração de tabelas, legendas, renderização e passeios interativos.
	Navisworks	1, 2, 3, 4, 12, 13	Pré-obra, Obra, Pós-obra	Visualização e revisão do modelo, checagem de interferências, simulação 4D da construção e do canteiro de obras, extrai quantitativos, simulação 5D e integração com BIM 360 Glue.
	Robot	1, 3	Pré-obra	Análise e simulação de estruturas grandes e complexas.
	Simulation CFD	1, 3	Pré-obra	Ferramentas de dinâmica de fluidos e de simulação térmica que ajuda a prever o desempenho do produto, otimizar projetos e validar o comportamento do produto antes da fabricação.
	Dynamo	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	Pré-obra, Obra	Cria modelos através da programação visual, explora conceitos paramétricos nos projetos, automatiza tarefas e produz análises preliminares.
Autodesk base em nuvem	A360	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13	Pré-obra, Obra, Pós-obra	Armazena, visualiza e compartilha arquivos 2D e 3D em qualquer lugar e em qualquer dispositivo.
	Formit 360 Pro	1, 3	Pré-obra	Permite esboçar, colaborar, analisar e revisar os conceitos de projeto em uma fase inicial.
	Green Building Studio	3	Pré-obra	Baseado em nuvem, faz a análise global energética e de consumo de água e busca neutralizar a emissão de carbono.

Continua

Quadro 4 - Principais *softwares* BIM do mercado brasileiro (continuação)

	Software	Principais Atividades	Fase do ciclo de vida edificação	Principais funções
Nemetschek	Archicad	1, 4, 5, 7	Pré-obra	Desenvolve modelos de arquitetura, estrutura e sistemas prediais; faz levantamento de quantitativos, geração de tabelas, legendas, renderização e passeios interativos.
	Vectorworks	1, 4, 5, 7	Pré-obra	Desenvolve modelos de arquitetura e documentação.
	Solibri	2, 4	Pré-obra	Validação, análise e extração de informações de modelos BIM.
	AllPlan	1, 4, 7	Pré-obra	Modelagem 3D e detalhamento de estruturas de concreto
	BIMx	7	Pré-obra	Aplicativo para tablet e smartphone de visualização de projetos BIM em 2D e 3D.
	Bluebeam Revu	7	Pré-obra	Plataforma de colaboração que conecta parceiros de projetos em todo o mundo em tempo real no mesmo conjunto de documentos centralizados.
Trimble	Tekla Structures	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 11, 12	Pré-obra, Obra	Modelagem 3D, detalhamento, gerenciamento, fabricação e montagem de estruturas.
	Sketchup	1, 9	Pré-obra, Obra	Modelagem 3D utilizada na fase de estudo conceitual, preliminar e volumétrico de projetos.
	Vico Software	2, 3, 4, 9	Pré-obra Obra	Gerenciamento, planejamento e controle de custos da obra, <i>software</i> 5D.
	Tekla BIMsight	2, 9	Pré-obra Obra	Combina diferentes modelos em um modelo único, verifica interferências, compartilha informações usando o mesmo ambiente BIM e é gratuito.
	Trimble Connect	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12	Pré-obra, Obra	<i>Software</i> em nuvem que compartilha informações e projetos de diversas áreas e feitos em diversos <i>softwares</i> .
Bentley	AECOSim Building Designer	1, 2	Pré-obra	Modelagem, documentação, visualização e análises de projeto arquitetônico, estruturais e MEP.

Continua

Quadro 4 - Principais *softwares* BIM do mercado brasileiro (continuação)

	Software	Principais Atividades	Fase do ciclo de vida edificação	Principais funções
Outros	TQS	4, 7	Pré-obra	Modelagem, análise estrutural, dimensionamento, detalhamento, desenho e documentação de estruturas reticulares em concreto armado, protendido, alvenaria estrutural e estruturas pré-moldadas.
	Synchro	6	Pré-obra	Planejamento BIM 4D, sequenciamento e interdependência de atividades, estudo de folgas e cálculo do caminho crítico, análise de riscos, associação de recursos para as atividades, animações comparação de planejamento X executado.
	Archibus	13	Pós-obra	Gestão imobiliária e gerenciamento de instalações e ativos, gestão de espaço, gerenciamento de mudanças, de portfólio imobiliário, de orçamentos e de projetos, gestão de riscos, manutenção predial, gerenciamento de ativos e gestão de serviços de suporte.

Fonte: Adaptado de Leal, 2018.

2.9 PANORAMA DO BIM NA INDÚSTRIA

O processo tradicional e predominantemente adotado, porém, por grande parte da indústria da construção é baseado na documentação e comunicação em papel. Embora com o advento das ferramentas computacionais de CAD 3D, pouco se alterou na forma como o intercâmbio de informações acontece, não gerando grande impacto na redução da gravidade e frequência dos conflitos causados pelos documentos em papel (EASTMAN *et al.*, 2014).

Em uma visão sobre o futuro do BIM e sua implementação, Eastman *et al.* (2014, p. 281) fazem uma reflexão a respeito do termo, dizendo que “BIM não é uma coisa ou um tipo de *software*, mas uma atividade humana que envolve amplas mudanças de processos na indústria da construção”. Ruschel e Cuperschmid (2018) seguem dizendo que BIM é um conjunto de tecnologias, processos e políticas, que afeta entregas, relacionamentos entre as partes envolvidas e a forma como a construção civil é enxergada, sendo uma inovação importante na área. Para Wong, Wong e Nadeem (2011), de acordo com as pesquisas acadêmicas que estavam sendo realizadas, o desenvolvimento profissional e as necessidades da indústria, o BIM tem uma importância significativa na difusão das tecnologias da informação aplicadas na indústria da construção, além do crescimento da própria.

Apesar da terminologia BIM ser relativamente nova, a tecnologia empregada já é recorrente em outros setores da indústria, nos quais existe uma maior complexidade logística (montagem e operação de plataformas *offshore*, por exemplo) ou que ocorra o compartilhamento de um mesmo projeto. Um benefício claro ao se trabalhar com uma tecnologia desse tipo, é ter uma maior precisão na fabricação de peças (indústrias automobilística e de aviação, por exemplo). Porém a tecnologia na construção civil tem se tornado acessível mais recentemente, devido à disponibilidade de *hardwares* mais potentes e *softwares* mais acessíveis e com melhores funcionalidades no mercado (CBIC, 2016a).

Um exemplo na indústria da aviação é o desenvolvimento do Boeing 777, no qual foram determinadas regras que facilitaram a sua modelagem e posterior montagem. No interior, foram definidos itens para aparência, fabricação e montagem, enquanto no exterior foram feitas centenas de simulações para melhorar o seu desempenho aerodinâmico. Estima-se que foi investido mais de US\$1 bilhão em um esforço para eliminar mais de 6.000 itens de requisição de projeto e reduzir 90% dos esforços de retrabalho (CALTECH, 1997 *apud* EASTMAN *et al.*, 2014).

Pode-se dizer que as empresas estão adotando medidas para reconhecer esforços feitos em projetos anteriores a respeito do que funciona e do que não funciona na montagem, produção e manutenção (EASTMAN *et al.*, 2014). Desta forma, a consistência do modelo gerado permite o seu reuso, reduzindo consideravelmente retrabalhos desnecessários (RUSCHEL, 2014).

Esta seção tem o intuito de mostrar como a difusão dos conceitos do BIM está acontecendo na indústria da construção no Brasil e no Mundo, compreendendo a sua importância e notoriedade, além de servir como um catalisador na melhora de processos e relações.

2.9.1 A Indústria 4.0 e o BIM

Indústria 4.0 é o termo que se refere à 4ª Revolução Industrial, que rompe uma série de paradigmas na maneira como a tecnologia e a rápida troca de informações estão modificando significativamente a relação entre países, empresas, indústrias e na sociedade como um todo (LEAL, 2018). Segundo Ferracane (2015), essa nova onda tecnológica se baseia em um sistema físico-cibernético (tradução direta de *cyber-physical systems*), no qual há uma profunda

relação entre o mundo real e o mundo virtual. O autor aponta como as duas principais protagonistas dessa nova revolução, a **internet das coisas** (IoT, do inglês *Internet of Things*), na qual objetos físicos que estão conectados à *internet* são capazes de se comunicar e trocar informações, como por exemplo o controle da iluminação de um ambiente a partir de um aplicativo de celular; e a **fabricação de aditivos de forma personalizada**, permitindo a visualização digital do produto final antes de sua produção, gerando uma precisão e adequação às características finais desejadas.

Schwab (2016) diz que a digitalização dos processos está diretamente relacionada à automação dos mesmos, na qual é possível gerar um elevado nível de riqueza com menos trabalhadores e estrutura física.

Cavalcanti *et al.* (2018) definem seis princípios básicos que orientam a indústria 4.0, que são:

- i. *Interoperabilidade*, na qual sistemas e organizações conseguem trabalhar de forma conjunta, em uma comunicação eficiente homem-máquina;
- ii. *Virtualização*, na qual é possível fazer um controle e monitoramento dos processos da indústria, através de um modelo digital, mesmo à distância;
- iii. *Descentralização*, pois a partir da virtualização, tomadas de decisões importantes podem ser feitas à distância e por mais pessoas que estejam envolvidas no projeto;
- iv. *Capacidade de análise em tempo real*. Através dos modelos gerados digitalmente, as informações recebidas por *inputs* ou de forma automática por regras pré-estabelecidas, permitem a realização de análises e simulações sobre esses modelos. Aumento na produtividade, diminuição de erros e identificação de problemas a serem corrigidos são ganhos importantes nesse processo;
- v. *Orientação a serviço*. Com um objetivo final bem definido, as etapas necessárias para alcançá-lo são definidas de maneira mais eficaz no projeto;
- vi. *Modularidade*, na qual a estrutura para produção varia de acordo com a demanda necessária, aumentando ou diminuindo conforme o projeto em questão.

Além desses princípios, Schwab (2016) elenca quatro efeitos que serão provocados e terão grande influência nos negócios e na indústria de maneira geral:

- Os clientes estão sendo mais exigentes sobre as expectativas geradas;
- Os produtos estão sendo constantemente melhorados pelos dados gerados, observando por exemplo seu desempenho, o que também melhora a produtividade dos ativos;
- Novas formas de parcerias entre empresas estão surgindo, devido a necessidade eminente e importância do trabalho colaborativo; e
- Os modelos operacionais estão sendo transformados em modelos digitais.

Ao compreender BIM como a digitalização da construção civil, pode-se associar seus conceitos aos da Indústria 4.0, em um processo que as informações atreladas ao empreendimento percorrem todo o ciclo de vida da edificação. A partir das definições abordadas anteriormente neste trabalho fica evidente que a interoperabilidade, o trabalho compartilhado (muitas vezes em rede e a distância), verificações sobre o modelo gerado, bem como definições precisas de prazos para planejamento e execução, são conceitos que fazem do BIM um importante processo para inserir a construção civil dentro desse novo paradigma global.

2.9.2 Adoção da Tecnologia BIM pela Indústria da Construção Civil

Segundo Eastman *et al.* (2014), o gargalo para uma disseminação mais efetiva do BIM é a falta de equipes mais bem treinadas e não a tecnologia em si. Pois como Succar (2009) afirma, o desenvolvimento e adoção da tecnologia BIM ocorre de maneira gradual e exponencial, evoluindo o processo a cada etapa¹⁴. Inicialmente com ferramentas de modelagem e simulação, passando por uma colaboração sobre o modelo trabalhado e chegando a uma integração em rede, em que os diferentes setores envolvidos no projeto trabalhem simultaneamente (Figura 10). Logo, ao definir tarefas específicas às equipes de trabalho e o produto final que deve ser entregue, a interoperabilidade entre as equipes e a escolha das ferramentas que serão utilizadas ficam mais fáceis, melhorando a produtividade e a qualidade final do projeto (RUSCHEL, 2014).

¹⁴ Conforme já mencionado na seção 2.3.



Fonte: Succar, 2009, p. 363.

Checucci e Amorim (2014) falam sobre 3 possíveis formas de trabalhar com o conceito BIM: a modelagem, propriamente dita, da edificação; o gerenciamento e planejamento do empreendimento, desde sua viabilidade econômica, observando toda mão de obra, controle e serviços necessários para sua conclusão; e a modelagem da informação ao longo de todo ciclo de vida do empreendimento, desde sua concepção em projeto, passando pela execução e operação e indo até sua demolição. Porém Ruschel, Andrade e Morais (2013) atentam que a adoção do BIM necessita de um olhar cuidadoso no que se refere aos processos, as tecnologias usadas e as políticas adotadas, pois modifica abruptamente as relações que a construção civil está acostumada.

Os projetos de engenharia vêm se tornando cada vez mais complexos, de forma que a representação dos modelos em CAD não se mostra mais tão eficiente (BASTO; LORDSLEEM JUNIOR, 2016). Porém a transição do CAD para o BIM não é natural, como observado por Sacks *et al.* (2018), já que este novo paradigma vai além do simples desenho, implementando o conceito de modelagem da informação. Essa, envolve abstrações no desenvolvimento do empreendimento em questão, com novas maneiras de se projetar e construir, fomentando a colaboração no *design*, construção e gerenciamento das instalações, sendo, segundo o autor, uma transição irreversível na indústria de AECO.

A construção civil é responsável por impactos significativos no meio ambiente, como: a poluição atmosférica, o alto consumo de energia e a geração de resíduos (PIOVEZAN JÚNIOR, 2007). Responsável pelo consumo de 15% a 50% de todos os recursos naturais, incluindo cerca de 66% de toda madeira produzida (JOHN, 2005 *apud* PIOVEZAN JÚNIOR, 2007). Além disso, o elevado valor de desperdícios de materiais, produz um grande consumo de matérias primas desnecessariamente (ZORDAN, 1997 *apud* PIOVEZAN JÚNIOR, 2007), representando um desperdício estimado de 30% dos insumos na década de 1990

(SALGADO, 2018). Por ter uma natureza tradicionalmente agressora ao meio ambiente e com baixos níveis de produtividade (AGUILAR-MOLINA; AZEVEDO JUNIOR, 2015), a indústria AECO pode sofrer consequências positivas com o emprego do BIM em seus processos, pois a possibilidade de gerar simulações que definem padrões para o desenvolvimento do produto, proporciona maior racionalidade no gerenciamento dos recursos utilizados na Construção Civil (BYNUM; ISSA; OLBINA, 2013 *apud* RUSCHEL; ANDRADE; MORAIS, 2013). Vale lembrar ainda do Protocolo de Kyoto de 1997 e do Acordo de Paris de 2015, que salientam a demanda por construções sustentáveis e *eco-friendly*, tornando o BIM uma importante e efetiva filosofia para se atingir esses objetivos (SACKS *et al.*, 2018).

Por fim, um valor intrínseco fornecido pela qualidade das informações associadas à implementação do BIM, é o fator econômico, um importante aliado aos proprietários dos edifícios que empregam essa tecnologia (SACKS *et al.*, 2018). Em um estudo feito pela McGraw Hill Construction em 2014, três quartos das construtoras relataram um ROI (*Return on Investment*, retorno sobre o investimento em tradução livre) positivo em seus programas de investimento em tecnologia BIM e têm ideias claras sobre como melhorar este indicador (McGRAW HILL CONSTRUCTION, 2014).

2.9.3 BIM no Mundo

Barison e Santos (2011) dizem que muitas empresas da área de Construção Civil, no mundo todo, estão desenvolvendo projetos que utilizam BIM, procurando profissionais que dominem o conceito. Sendo o Gerente BIM (*BIM Manager*, como conhecido internacionalmente) um especialista bastante solicitado (BARISON, 2015). Porém a apropriação completa desse novo paradigma passa por diferentes estágios que abrangem quais os setores serão envolvidos, quais disciplinas estarão incluídas e quais fases do ciclo de vida do empreendimento irá abordar (RUSCHEL; ANDRADE; MORAIS, 2013).

Eastman *et al.* (2014) apontam que a qualidade do projeto proporcionada com a adoção do BIM é duradoura e que sua implementação por empresas, de grande ou pequeno porte, irá agregar valor ao projeto entregue aos seus clientes. Sacks *et al.* (2018) complementam que o BIM teve um impacto significativo nos

stakeholders de todos os níveis da indústria AEC, desde proprietários às construtoras, e dos projetistas aos fabricantes de suprimentos.

Em um estudo publicado pela *The Construction IT Alliance* (CitA) em 2017¹⁵, foi analisado como a difusão do BIM estava ocorrendo ao redor do mundo e como a sua implementação vem se tornando o foco de diversos governos nas atividades da construção civil (McAULEY; HORE; WEST, 2017). Alguns exemplos citados no estudo com grande relevância são os governos do Reino Unido, Hong Kong e Coréia do Sul, que tomaram iniciativas agressivas para a implementação do BIM nos últimos anos; e dos países escandinavos Noruega, Dinamarca e Finlândia que estão trabalhando com BIM há mais de uma década (*ibidem*).

Segundo a McGraw Hill Construction (2014) em um estudo feito em 2012, 70% dos contratantes na América do Norte (Estados Unidos e Canadá) estavam adotando BIM em seus serviços, sendo que 36% destes já tinham 6 anos ou mais de experiência na área. Vale salientar que a indústria da construção civil é a peça central na economia em todos os países do mundo, porém tem uma produtividade baixa ao ser comparada com outros setores, sendo uma motivação extra para a implementação do BIM (SACKS *et al.*, 2018).

Um importante catalisador na difusão do BIM no mundo é a buildingSMART International que, como citado na seção 2.6.1, tem o intuito de promover o *openBIM*, além do desenvolvimento e atualização constante do IFC. É uma organização internacional com sede em alguns países e está tornando a compreensão do BIM no ambiente digital mais clara, em que as formas tradicionais praticadas no *design* e gerenciamento da construção estão mudando, oferecendo benefícios significativos que afetam o projeto em todas as fases do seu ciclo de vida (BUILDINGSMART..., [20-]).

2.9.4 BIM no Brasil

O panorama BIM começa a ter representatividade no Brasil em 2009, por uma iniciativa do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) que cria a Comissão Especial de Estudos de Modelagem de Informação na

¹⁵ BICP Global BIM Study - Lessons for Ireland's BIM Programme.

Construção, ABNT/CEE-134, responsável pelo desenvolvimento da norma brasileira BIM, a ABNT NBR 15965 (CATELANI; SANTOS, 2016), já citada neste trabalho na seção 2.5.

Em 2016 a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) em conjunto com o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) criam a Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras. Os 5 volumes têm a intenção de universalizar o uso do BIM, visando ampliar o conhecimento dos profissionais e empresas do setor, a fim de democratizar o seu uso (CBIC, 2016).

Em 17 de maio de 2018, o Governo Federal assina o Decreto Nº 9.377, que institui o Comitê Estratégico de Implementação do *Building Information Modelling* (CE-BIM). O CE-BIM por sua vez foi responsável por desenvolver e propor a “Estratégia Nacional de Disseminação do BIM¹⁶”, documento que enumera, caracteriza e descreve os itens do decreto. Em 22 de agosto de 2019, o Decreto Nº 9.377 é revogado pelo Decreto Nº 9.983 que promove mudanças na representatividade do CG-BIM (Comitê Gestor da Estratégia BIM BR), mas mantém a estrutura do decreto anterior.

Em 2 de abril de 2020, o Governo Federal assina o Decreto Nº 10.306, que estabelece a utilização do BIM na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e entidades da administração pública federal. O decreto divide a adoção do BIM em 3 fases, assim como sugerido na Estratégia BIM BR de 2018, explicitando cada uma das fases e sua evolução. A primeira fase, tratando da elaboração de projetos a partir de 2021. A segunda fase, adicionando a parte de execução de projetos e gestão de obras a partir de 2024. A terceira fase, somando às fases 1 e 2, o gerenciamento e manutenção do empreendimento, a partir de 2028 (BRASIL, 2020).

Um importante avanço na implementação e difusão do BIM no país é a criação do BIM Fórum Brasil. Baseado em experiências internacionais, com o mesmo nome BIM Fórum, tem a missão de ser uma entidade referência que irá promover a digitalização da indústria da construção, coordenando esforços que ampliarão a competitividade, qualidade e produtividade do setor através de

¹⁶ Estratégia BIM BR.

pesquisa, suporte à padronização e desenvolvimento de boas práticas BIM (CATELANI, 2019).

Um importante exemplo no cenário nacional de utilização do BIM é o metrô de São Paulo, que a partir de novembro de 2013 passou a exigir a sua utilização em licitações¹⁷. Dentre os usos do BIM determinados pelo Metrô através do MAN 10-203¹⁸, pode-se citar: a detecção de interferências, que resultam em incompatibilidades; a verificação de regras, observando o cumprimento de códigos, normas, leis e diretrizes do projeto; a produção de documentação técnica; a geração de quantitativos de materiais; e o documento de registro, um arquivo IFC do Modelo 3D contendo todos os componentes do projeto aprovado e atendendo os usos ao qual se destina (MAINARDI NETO, 2016).

2.9.5 Stakeholders da Construção Civil beneficiados pelo BIM

Para Eastman *et al.* (2014), o uso do BIM traz benefícios para 4 atores dentro da construção civil: proprietários e gestores, projetistas, construtores e fabricantes, cada um deles beneficiado por uma etapa ou por diferentes fatores dentro desse novo paradigma. Sacks *et al.* (2018) listam além desses, outros 2 que estão sofrendo consequências com esse novo paradigma: educadores de cursos da construção e autoridades estatutárias. Esses grupos estão listados a seguir, com os benefícios citados por Eastman *et al.* (2014) e Sacks *et al.* (2018):

- i. Para os *proprietários e gestores*:
 - maior conhecimento sobre a qualidade e natureza dos serviços oferecidos ao seu empreendimento;
 - compreender de maneira mais clara o cronograma e conseqüentemente ter um maior controle sobre suas entregas;
 - maior confiabilidade sobre o custo e tempo de execução;

¹⁷ Essa demanda se deve ao esforço do Grupo de trabalho BIM da Gerência de Concepção de Projeto Básico (GT BIM GCI) pertencente à Diretoria de Planejamento e Expansão dos Transportes Metropolitanos (DM). O grupo é formado por engenheiros e arquitetos e são desenvolvidos estudos, materiais e possibilidades de uso do BIM, visando auxiliar o mercado com palestras e reuniões a respeito desse novo processo dentro de licitações (MAINARDI NETO, 2016).

¹⁸ MAN 10-203 — Manual de Diretrizes para o Desenvolvimento de Projetos BIM, onde são feitas exigências desde o atendimento às normas, até a nomenclatura de arquivos (MAINARDI NETO, 2016).

- possibilidade de visualizações de perspectivas 3D de seu empreendimento ainda nas fases iniciais de projeto, podendo ter uma influência direta em ações de marketing e vendas;
 - possibilidade de análises energéticas e geração de modelos que estejam de acordo com as necessidades e vontades do cliente;
 - maior garantia sobre o cumprimento dos contratos;
 - geração de documentos que auxiliem na operação e manutenção da edificação.
- ii. Para os *projetistas*:
- aumento de produtividade na concepção, desenvolvimento e documentação do projeto;
 - integração dos sistemas e diferentes disciplinas;
 - modelagem para fabricação de componentes;
 - melhora na interface projeto-construção, através de um modelo muito mais realista e próximo da realidade;
 - reaproveitamento dos modelos entre diferentes projetos, reduzindo retrabalhos.
- iii. Para os *construtores*:
- utilizam as ferramentas para colaboração, *clash detection*, revisões de clientes, gerenciamento da produção e compra de insumos;
 - economia de recursos. Com projetos mais precisos e bem elaborados, ocorrem menos erros e menos desperdício de materiais;
 - melhor aproveitamento do tempo, com cronogramas mais exatos e melhor definição das atividades;
 - aumento na utilização de itens pré-fabricados;
 - diminuição considerável em retrabalhos;
 - a segurança do trabalho, pois as ferramentas BIM são capazes de identificar possíveis perigos na fase da construção e tornar o planejamento mais adequado e seguro.

iv. Para os *fabricantes*:

- customização de materiais, com vastas bibliotecas de objetos paramétricas 3D disponíveis *online*. Os conteúdos disponíveis estão cada vez mais acessíveis através de sites especializados.

v. Para os *educadores*:

- alunos se mostram capazes de compreender rapidamente os conceitos e estão se tornando mais produtivos com o uso de ferramentas BIM em comparação com ferramentas CAD, devido à automação parcial dos processos.

vi. Para as *autoridades governamentais*¹⁹:

- identificação de riscos;
- aprovação mais rápida dos projetos;
- melhores serviços.

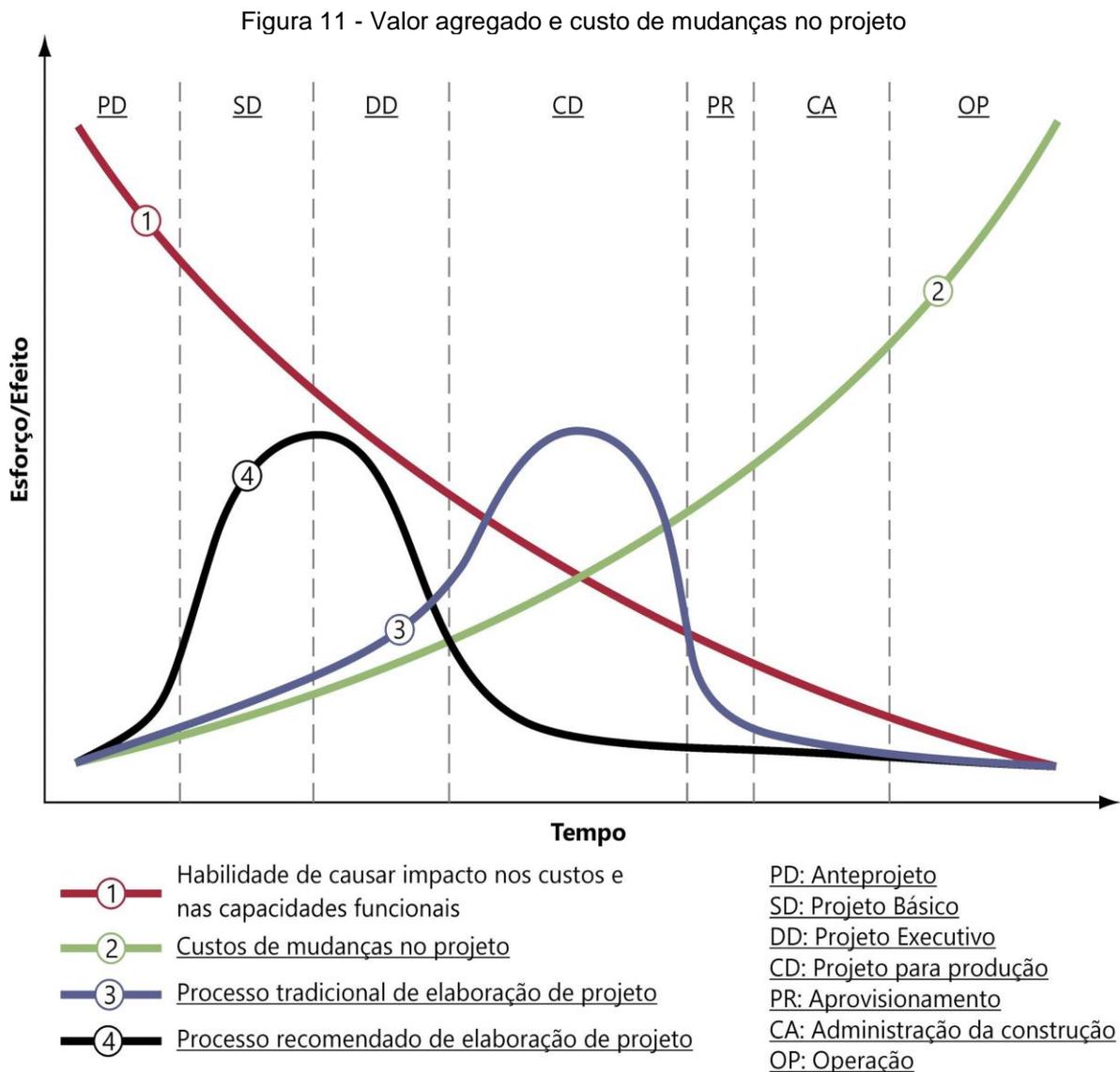
Os benefícios proporcionados pela Modelagem da Informação da Construção contemplam desde os donos do empreendimento até os projetistas, arquitetos, engenheiros, gerentes da edificação, fabricantes de insumos, construtoras e outros trabalhadores do canteiro. Desta forma o projeto pode ser desenvolvido com maior confiabilidade e de forma mais eficiente, otimizando os processos e prazos, tornando a comunicação entre todas as partes envolvidas mais eficiente, permitindo a identificação de erros e melhorias nos processos (BASTO; LORDSLEEM JUNIOR, 2016). Pode-se afirmar que o ensino dos cursos que englobam o aprendizado da construção civil também está sofrendo grandes mudanças na forma como enxergam o processo de projeto. Essas mudanças serão abordadas de forma aprofundada no Capítulo 4 deste trabalho.

2.9.6 Benefícios associados ao se trabalhar com BIM

Segundo Eastman *et al.* (2014), a adoção do paradigma BIM no processo da construção civil proporciona uma redistribuição dos esforços, dando uma ênfase

¹⁹ O impacto do paradigma BIM nessa área é muito grande, mas é necessário mais tempo para os órgãos governamentais entenderem e desenvolverem seus processos (SACKS *et al.*, 2018).

maior na fase de concepção de projetos, devido à automação parcial dos detalhes do modelo gerado. Além disso, conforme mostrado na Figura 11, a elaboração de projeto utilizando BIM (linha 4) é mais recomendada se comparada ao processo de elaboração tradicional (linha 3). O esforço despendido logo no início do projeto agrega informações mais detalhadas a respeito das características gerais do empreendimento, o que pode acarretar mudanças de maior impacto nos custos e capacidades funcionais da edificação (linha 1), além de menores custos em alterações de projeto (linha 2).



Fonte: Adaptado de Eastman et al., 2014.

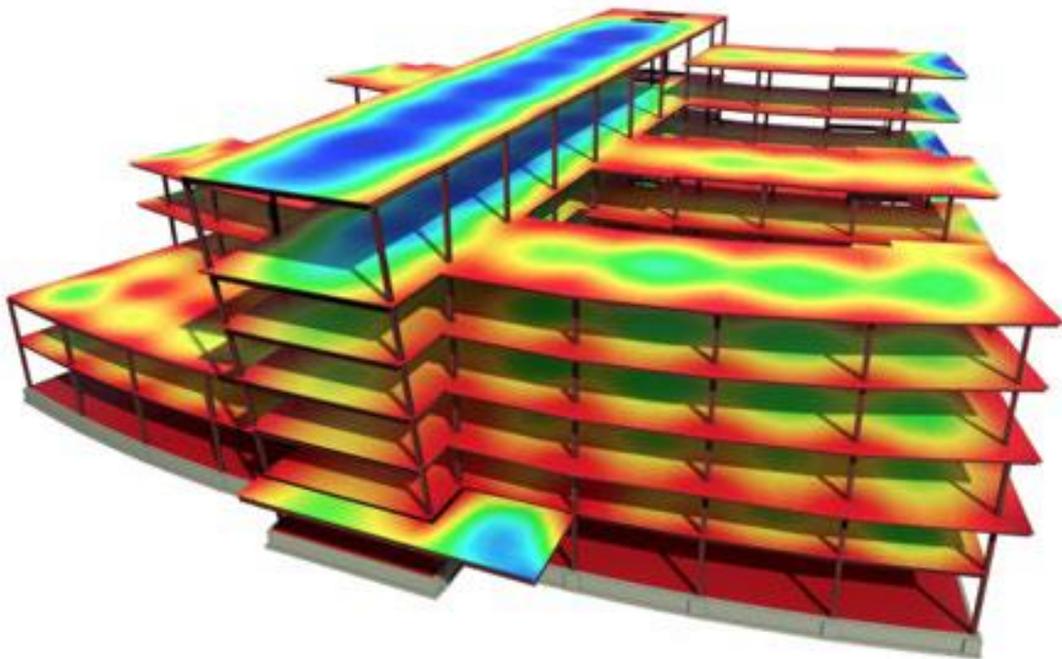
Dentre os benefícios citados por Eastman *et al.* (2014), pode-se citar a consistência entre os desenhos e relatórios, automação na análise de interferências espaciais (*clash detection*), simulações de diversas áreas de

interesse, previsibilidade mais precisa dos custos e visualização de todas as etapas do projeto em diversas escalas. Tais benefícios podem ser associados ao reuso do mesmo modelo em diversas disciplinas de projeto (RUSCHEL, 2014).

A área de ensaios e simulações, é a que mais recebe investimentos por parte dos fabricantes de softwares (CBIC, 2016a). Algumas dessas análises foram listadas na coletânea da CBIC e estão enumeradas abaixo:

- Análises estruturais (Figura 12);
- Análises energéticas (simulações do consumo de energia);
- Estudos térmicos e termodinâmicos;
- Estudos de ventilação natural;
- Estudos de níveis de emissão de CO₂;
- Estudos luminotécnicos;
- Estudos de insolação e sombreamento.

Figura 12 - Análise dos esforços estruturais suportados pelas lajes feita através da análise de cores em um software BIM



Fonte: CBIC, 2016a.

Menegotto (2015) cita alguns aspectos interessantes, como: a economia de recursos e redução de tempo na tomada de decisões importantes, graças às simulações possíveis em diferentes cenários com os dados obtidos através dos modelos gerados. Outro benefício citado pelo autor é a melhoria no controle

gerencial do empreendimento graças à qualidade das informações introduzidas no projeto, além de um ambiente de colaboração propício aos agentes das mais diversas disciplinas que possam estar envolvidas. Ruschel e Cuperschmid (2018) destacam a possibilidade de integralizar os projetos, melhorando o desempenho e a qualidade final da obra.

Basto e Lordsleem Junior (2016) falam sobre a possibilidade de visualização do modelo digital em 3D, obtenção dos parâmetros necessários para a fabricação de elementos pré-moldados, esquematização da sequência lógica em que a construção irá acontecer e controle espacial do canteiro de obras, identificando qual sua melhor localização e disposição em cada fase.

Para Sacks *et al.* (2018, p. 365, tradução nossa²⁰) “o BIM irá contribuir para o aumento de itens pré-fabricados, maior flexibilização e variedade de métodos e tipos construtivos, diminuições drásticas em erros, menos desperdícios e maior produtividade”.

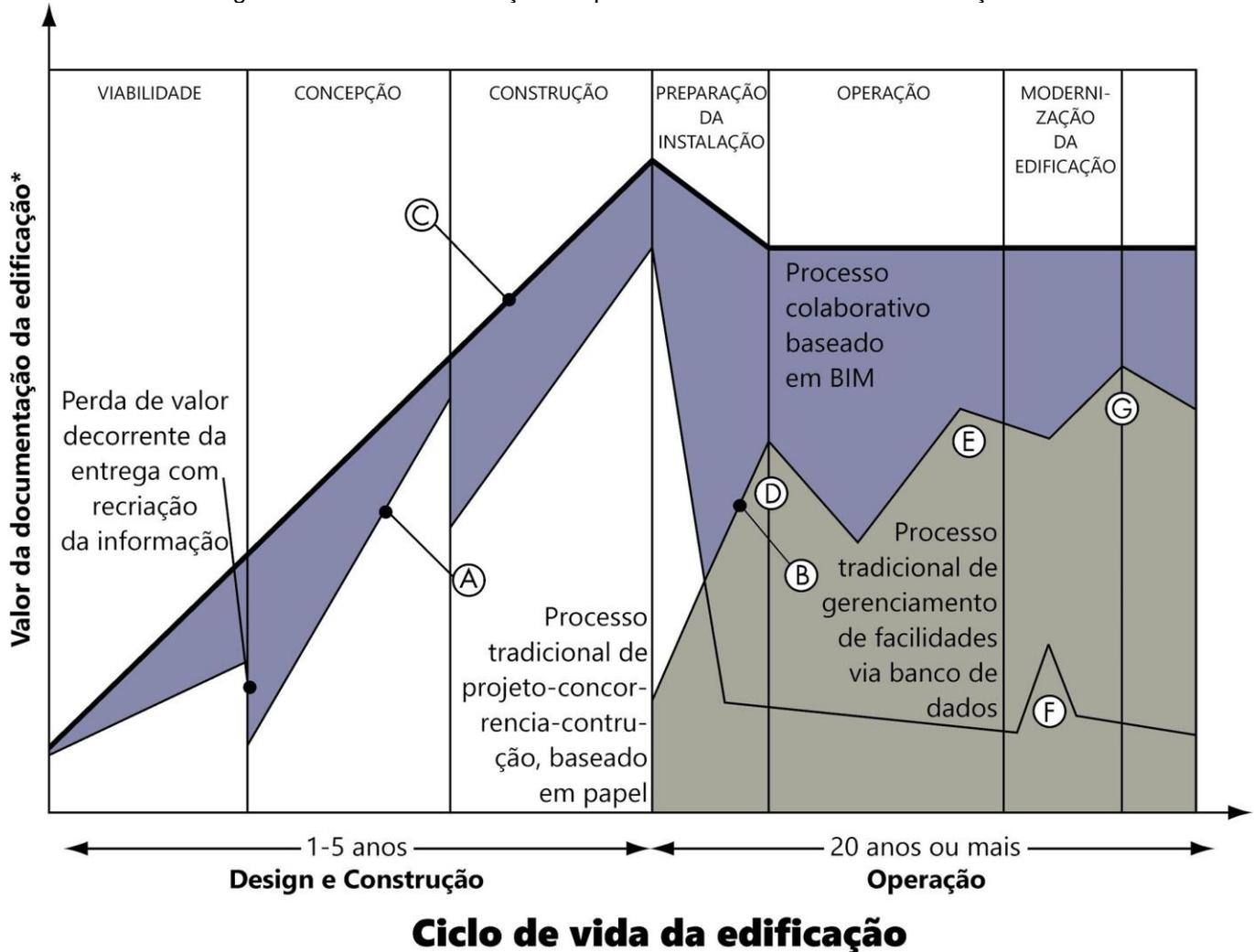
Pode-se citar ainda que ao trabalhar com o BIM, a documentação gerada para a operação e manutenção do edifício projetado é de grande valia. Pois além da detecção dos conflitos ainda na fase de concepção, a localização de todos os componentes da edificação (vigas, tubulações hidrossanitárias, ar condicionado, entre outros) poderão ser acessados rapidamente no modelo digital. Em grandes instalações, como as de hospitais e *shoppings centers*, é importante garantir as condições de acesso e uso a profissionais que realizarão a manutenção dos componentes. Tal premissa é conhecida como *Human Factor Engineering* (HFE), na qual levam-se em conta as condições mínimas de segurança, conforto e evitam agressão a saúde e integridade física do profissional responsável, e é garantida por modelos que são gerados por ferramentas BIM (CBIC, 2016a).

Os documentos gerados em BIM têm um valor intrínseco elevado em comparação com os documentos gerados a partir de ferramentas CAD, por exemplo, nas quais o valor da informação gerada a cada fase aumenta e o esforço

²⁰ No original: “*BIM will contribute to a higher degree of prefabrication, greater flexibility and variety in building methods and types, fewer documents, far fewer errors, less waste, and higher productivity.*” (SACKS *et al.*, 2018, p.365).

necessário para produzi-la diminuir (EASTMAN *et al.*, 2014). A Figura 13 representa os esforços feitos em cada fase da edificação em um comparativo dos processos tradicionais com o processo utilizando BIM.

Figura 13 - Valor da edificação em processo tradicional e com a utilização de BIM



* A inclinação da linha indica o esforço necessário para produzir e manter a informação.

- (A) Processo tradicional, com documentação baseada em desenhos em estágio único.
- (B) Sistema de banco de dados tradicional para gerenciamento de facilidades
- (C) Entregas de documentação baseadas em BIM através de todo o processo de projeto e operação.
- (D) Configuração de banco de dados de gerenciamento de facilidades.
- (E) Integração do Gerenciamento de Facilidades com sistemas de gestão empresarial.
- (F) Utilização da documentação *as built* para modernizações.
- (G) Atualização do banco de dados de gerenciamento de facilidades.

Fonte: Adaptado de Eastman et al. (2014).

3. ENSINO DE ENGENHARIA CIVIL

A palavra Engenharia deriva do latim *ingenium*²¹ (*in*, “dentro”; *genium* “gênio”) e Civil está ligada ao “cidadão”, portanto, Engenharia Civil representa a capacidade de aplicar métodos empíricos ou científicos para o benefício do ser humano. O termo “engenheiro” começa a ser usado somente no século XI, para definir pessoas com capacidades de invenções engenhosas e práticas, como por exemplo Leonardo da Vinci, que tinha o título de *Ingegnere Generale*²² (INSTITUTO DE ENGENHARIA, 2019).

A profissão, porém, só foi reconhecida a partir da Primeira Revolução Industrial, quando em 1786, o inglês John Smeaton²³ se autodenominou Engenheiro Civil, com o intuito de se diferenciar dos engenheiros militares. Durante muito tempo a engenharia foi subdividida em dois grandes grupos: os engenheiros militares, responsáveis pela criação de aprimoramento de técnicas militares, além de grandes construções voltadas para combates; e os engenheiros civis, responsáveis por todos os outros aspectos da sociedade, desde a construção civil até a manutenção de máquinas (BRITOS ENGENHARIA, 2018; BUILDIN, 20[-]).

A demanda por profissionais especializados na área foi um importante precursor para o surgimento de escolas voltadas para a formação acadêmica destes, sendo a *École Polytechnique* de Paris, fundada em 1794, uma das primeiras a surgir (BRITOS ENGENHARIA, 2018). O termo “Engenharia Civil” começa a ser difundido no Brasil ainda no período colonial, em que a chegada da Família Real portuguesa em 1808 colabora para o surgimento da primeira escola de engenharia brasileira: a Real Academia Militar do Rio de Janeiro, fundada em 1810 (ROMANO, 1999; BRITOS ENGENHARIA, 2018). Tendo passado por diversas modificações ao longo dos anos, em 1851 foram criadas a Escola Militar de Aplicação do Exército, destinada à formação militar do quadro de engenheiros, e a Escola Central, essa

²¹ Do latim inteligência, talento.

²² Do italiano Engenheiro Geral.

²³ Considerado o pai da Engenharia Civil, foi também inventor, astrônomo e escritor em vários campos da mecânica. Especialista em construções de portos e projetos de drenagem, tem seu principal projeto o farol de Eddystone, em que reinventou o cimento hidráulico (ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA, 2020).

com enfoque no ensino de ciências físicas e matemáticas, além das habilidades requeridas ao engenheiro civil. Em 1874 a Escola Central passa ao nome de Escola Politécnica, quando os cursos civis e militares foram definitivamente separados, sendo englobada pela Universidade Federal do Rio de Janeiro em 1920, quando passa a chamar-se Escola Politécnica do Rio de Janeiro (ROMANO, 1999). A escola militar passou a atender pelo nome de Instituto Militar de Engenharia (IME) (BRITOS ENGENHARIA, 2018).

As atividades inerentes ao profissional formado na área de Engenharia Civil abrangem interesses à propriedade, pública ou privada; ao meio ambiente; às relações interpessoais; e causam impactos financeiros à toda cadeia da sociedade envolvida (AVILA, 2000). A importância do engenheiro civil é fundamental para impulsionar o desenvolvimento das cidades, uma vez que a Construção Civil é um pilar da economia brasileira, sendo imprescindível a formação de profissionais bem qualificados (BUILDIN, 20[-]).

Romano (1999) lista algumas importantes atribuições necessárias ao engenheiro civil, que vão além da técnica, sendo elas: “gestão, negócios, direito, psicologia, meio ambiente, projetos, tecnologia da informação, línguas estrangeiras, criatividade e visão humana”, não sendo imprescindível um conhecimento profundo dessas, porém o domínio geral é fundamental para uma diversificação nas análises e soluções de problemas. Barison (2015) complementa dizendo que os engenheiros civis devem possuir habilidades interpessoais de liderança e trabalho em equipe. Com o advento da era da Informação, novos produtos e técnicas ganharam espaço com a utilização de computadores, *softwares* avançados de projeto e análises, além de uma preocupação crescente com o meio ambiente, que demanda construções mais sustentáveis (INSTITUTO DE ENGENHARIA, 2019).

3.1 REGULAMENTAÇÃO DA ENGENHARIA NO BRASIL

A fim de criar um ambiente favorável, com legislação que atribua direitos e deveres aos profissionais formados em Engenharia Civil, foram criadas as regulamentações que caracterizam e dão segurança a essa profissão. Porém, como alertado por Ávila (2000), muitos desconhecem as leis que regulam sua atuação, enfrentando situações que poderiam ser evitadas com um conhecimento prévio das mesmas. O autor diz ser de suma importância o conhecimento mínimo da

legislação, tendo em vista os possíveis problemas financeiros, materiais, de saúde e até mesmo o risco de morte, que o não cumprimento dessas pode ocasionar. Um exemplo são os direitos e encargos sociais dos empregados, que podem suscitar em litígios trabalhistas. Esta seção elenca algumas normativas que tangem a profissão do Engenheiro Civil.

As áreas de atuação e especialização do Engenheiro Civil dispostas no **Art. 28 do Decreto Nº 23.569²⁴ de 11 de dezembro de 1933²⁵** são:

- i. Trabalhos topográficos e geodésicos;
- ii. Estudo, projeto, direção, fiscalização e construção de edifícios, estradas de rodagem e de ferro, obras de captação e abastecimento de água, obras de drenagem e irrigação, obras destinadas ao aproveitamento de energia e dos trabalhos relativos às máquinas e fábricas, portos, rios, canais, aeroportos e saneamento urbano e rural;
- iii. Projeto, direção e fiscalização dos serviços de urbanismo;
- iv. Perícias e arbitramentos.

O Decreto citado acima também foi o responsável pela criação do Conselho Federal de Engenharia e Arquitetura (CONFEA) e dos Conselhos Regionais de Engenharia e Arquitetura (CREA). Vale ressaltar a cisão que ocorreu em 2010 com os profissionais de Arquitetura do sistema CONFEA/CREA, em que a **Lei Nº 12.378²⁶, de 31 de Dezembro de 2010** cria o Conselho de Arquitetura e Urbanismo (CAU). A mesma lei denomina o CREA como Conselho Regional de Engenharia e Agronomia e o CONFEA como Conselho Federal de Engenharia e Agronomia.

²⁴ Regula o exercício das profissões de engenheiro, de arquiteto e de agrimensor (BRASIL, 1933).

²⁵ A data da criação da lei é também o dia nacional do Engenheiro, Arquiteto e Agrônomo (ROMANO, 1999; CORDEIRO *et al.*, 2008).

²⁶ Regulamenta o exercício da Arquitetura e Urbanismo; cria o Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil - CAU/BR e os Conselhos de Arquitetura e Urbanismo dos Estados e do Distrito Federal - CAUs; e dá outras providências (BRASIL, 2010).

A regulamentação das atribuições profissionais e coordenação das atividades inerentes ao Engenheiro Civil foram enumeradas no **Art. 7º da Lei N° 5.194²⁷, de 24 de Dezembro de 1966 do CREA.**

Art. 7º- As atividades e atribuições profissionais do engenheiro, do arquiteto e do engenheiro-agrônomo consistem em:

- a) desempenho de cargos, funções e comissões em entidades estatais, paraestatais, autárquicas e de economia mista e privada;
- b) planejamento ou projeto, em geral, de regiões, zonas, cidades, obras, estruturas, transportes, explorações de recursos naturais e desenvolvimento da produção industrial e agropecuária;
- c) estudos, projetos, análises, avaliações, vistorias, perícias, pareceres e divulgação técnica;
- d) ensino, pesquisa, experimentação e ensaios;
- e) fiscalização de obras e serviços técnicos;

Em consonância com a Lei 5194/66, a **Resolução N° 218²⁸, de 29 de Junho de 1973 do CONFEA**, discrimina as áreas e atividades correspondentes aos profissionais por ela englobados.

Art. 1º - Para efeito de fiscalização do exercício profissional correspondente às diferentes modalidades da Engenharia, Arquitetura e Agronomia em nível superior e em nível médio, ficam designadas as seguintes atividades:

- Atividade 01 - Supervisão, coordenação e orientação técnica;
- Atividade 02 - Estudo, planejamento, projeto e especificação;
- Atividade 03 - Estudo de viabilidade técnico-econômica;
- Atividade 04 - Assistência, assessoria e consultoria;
- Atividade 05 - Direção de obra e serviço técnico;
- Atividade 06 - Vistoria, perícia, avaliação, arbitramento, laudo e parecer técnico;
- Atividade 07 - Desempenho de cargo e função técnica;
- Atividade 08 - Ensino, pesquisa, análise, experimentação, ensaio e divulgação técnica; extensão;
- Atividade 09 - Elaboração de orçamento;
- Atividade 10 - Padronização, mensuração e controle de qualidade;
- Atividade 11 - Execução de obra e serviço técnico;
- Atividade 12 - Fiscalização de obra e serviço técnico;
- Atividade 13 - Produção técnica e especializada;
- Atividade 14 - Condução de trabalho técnico;
- Atividade 15 - Condução de equipe de instalação, montagem, operação, reparo ou manutenção;
- Atividade 16 - Execução de instalação, montagem e reparo;
- Atividade 17 - Operação e manutenção de equipamento e instalação;

²⁷ Regula o exercício das profissões de Engenheiro, Arquiteto e Engenheiro-Agrônomo, e dá outras providências (BRASIL, 1966).

²⁸ Discrimina atividades das diferentes modalidades profissionais da Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CONFEA, 1973).

Atividade 18 - Execução de desenho técnico.

Já no **Art. 7º** da mesma Resolução 218/73, cita as possíveis áreas de atuação das atividades competentes ao Engenheiro Civil:

O desempenho das atividades 01 a 18 do artigo 1º desta Resolução, referentes a edificações, estradas, pistas de rolamentos e aeroportos; sistema de transportes, de abastecimento de água e de saneamento; portos, rios, canais, barragens e diques; drenagem e irrigação; pontes e grandes estruturas; seus serviços afins e correlatos (ART. 7º, PARÁGRAFO ÚNICO, CONFEA, 1973).

Posteriormente, na **Resolução 1.048 de 14 de Agosto de 2013**, o CONFEA consolida as áreas de atuação descritas nas leis, decretos e resoluções anteriores, atribuindo novamente as funções designadas aos profissionais de Engenharia e Agronomia representados pela entidade.

3.2 DIRETRIZ CURRICULAR NACIONAL

As bases da educação no Brasil são definidas pela **Lei Nº 9.394²⁹, de 20 de Dezembro de 1996**, também conhecida como LDB³⁰. É responsável pela regulamentação do sistema educacional (público e privado) brasileiro. Esta é a lei mais importante no que se refere à educação no Brasil, criada para garantir o acesso ao ensino gratuito e de qualidade à toda população. Além disso, valoriza os profissionais da educação e estabelece os deveres da União, dos Estados e dos Municípios quanto à educação pública (NOVO, 2019).

A publicação da LDB em 1996 acarreta algumas mudanças em relação à Resolução 48/76 que estava vigente à época. Tal resolução estabelecia temas e tópicos para além da formação puramente técnica do engenheiro, além das cargas-horárias mínimas para os cursos de graduação, o que acarretou em currículos extensos e que não garantiam a qualidade de formação almejada. Observando a necessidade de mudanças no cenário da educação no país, a LDB determina que os cursos devem ter uma avaliação periódica, extingue a necessidade do currículo

²⁹ Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional (BRASIL, 1996).

³⁰ Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional.

mínimo e dá maior autonomia às universidades para fixar seus currículos, baseados nas diretrizes curriculares pré-estabelecidas (CORDEIRO *et al.*, 2008).

As diretrizes dos cursos de Engenharia Civil por sua vez, estão definidas na **Resolução CNE/CES 2³¹, de 24 de Abril de 2019**, revogando a Resolução CNE/CES 11, de 11 de Março de 2002. A atualização da Resolução 2/2019 tem por objetivo:

Art. 2º As DCNs³² de Engenharia definem os princípios, os fundamentos, as condições e as finalidades, estabelecidas pela Câmara de Educação Superior do Conselho Nacional de Educação (CES/CNE), para aplicação, em âmbito nacional, na organização, no desenvolvimento e na avaliação do curso de graduação em Engenharia das Instituições de Educação Superior (IES) (MEC, 2019).

A diretriz elenca algumas características importantes requeridas ao profissional que será formado, mas deixa às instituições a responsabilidade da formação dos currículos que conduzirá o ensino dos futuros engenheiros (AGUILAR-MOLINA; AZEVEDO JUNIOR, 2015). O **Art. 3º** da Resolução CNE/CES 2/2019 descreve o perfil do egresso do curso de graduação em Engenharia:

Art. 3º O perfil do egresso do curso de graduação em Engenharia deve compreender, entre outras, as seguintes características:
I - ter visão holística e humanista, ser crítico, reflexivo, criativo, cooperativo e ético e com forte formação técnica;
II - estar apto a pesquisar, desenvolver, adaptar e utilizar novas tecnologias, com atuação inovadora e empreendedora;
III - ser capaz de reconhecer as necessidades dos usuários, formular, analisar e resolver, de forma criativa, os problemas de Engenharia;
IV - adotar perspectivas multidisciplinares e transdisciplinares em sua prática;
V - considerar os aspectos globais, políticos, econômicos, sociais, ambientais, culturais e de segurança e saúde no trabalho;
VI - atuar com isenção e comprometimento com a responsabilidade social e com o desenvolvimento sustentável.

Já no **Art 4º**, descreve as competências que os cursos de graduação em Engenharia devem proporcionar aos seus egressos ao longo de sua formação. Essas estão resumidas a seguir:

³¹ Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais de Curso de Graduação em Engenharia (MEC/CNE/CES, 2019).

³² Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação.

- Ser capaz de formular soluções de Engenharia levando em conta as necessidades do usuário;
- Conceber soluções criativas, utilizando as técnicas adequadas;
- Modelar fenômenos físicos e químicos, utilizando ferramentas matemáticas, estatísticas, computacionais e de simulação, a fim de gerar resultados reais dos sistemas em estudo;
- Prever resultados por meio de modelos;
- Projetar e determinar parâmetros construtivos e operacionais;
- Aplicar conceitos de gestão, como: planejar, supervisionar, elaborar e coordenar;
- Ser capaz de gerir a força de trabalho e os recursos físicos, no que diz respeito aos materiais e à informação;
- Desenvolver sensibilidade global nas instituições que atuar;
- Desenvolver estruturas empreendedoras e soluções inovadoras para os problemas;
- Avaliar de maneira crítico-reflexiva os impactos das soluções de Engenharia nos contextos social, legal, econômico e ambiental;
- Comunicar-se de maneira eficaz, seja na língua pátria ou em outro idioma diferente do Português, inclusive por meio de tecnologias digitais de informação e comunicação (TDICs);
- Estar sempre atualizado dos métodos e tecnologias disponíveis;
- Ser capaz de interagir com diferentes culturas, mediante ao trabalho de equipes presenciais ou a distância;
- Trabalhar em equipes multidisciplinares, tanto localmente quanto em rede;
- Liderar, de forma proativa, equipes colaborativas;
- Ser capaz de liderar empreendimentos em todos os seus aspectos de produção, finanças, pessoal e mercado;
- Conhecer a legislação, aplicando-a com ética e responsabilidade;
- Ser capaz de assumir uma postura investigativa e autônoma, tendo uma aprendizagem contínua mesmo após a formação, produzindo novos conhecimentos e desenvolvendo novas tecnologias;
- Aprender a aprender.

Com base nas diretrizes estabelecidas, Aguilar-Molina e Azevedo Júnior (2015) defendem que os currículos estabelecidos pelas instituições devem ter uma atualização periódica, com condições mínimas de validade. Os autores sugerem 3 maneiras de fazer essas observações de acordo com os objetivos traçados, sendo eles: “estratégicos (longo prazo, por exemplo, 5 anos), táticos (médio prazo, por exemplo, 2 anos) e operacionais (curto prazo, por exemplo, a cada semestre letivo)”.

3.3 O PAPEL DO ALUNO, DO PROFESSOR E DO CURSO DE ENGENHARIA

Para que o ensino superior seja eficaz, três variáveis são importantes no processo: o aluno, o professor e a organização do curso (GIL, 2015b *apud* LEAL, 2018). Tendo o professor, segundo Leal (2018), o papel de mediar a aprendizagem entre o conteúdo e o entendimento dos alunos.

Checcucci (2014) defende o processo de Aprendizagem Ativa, no qual o aluno assume um papel que estimula a tomada de decisões, desenvolvendo determinadas habilidades e atitudes, além da construção de conhecimento em temas específicos. Desta forma, o aluno “aprende a aprender”, uma das balizas da Resolução CES 2/2019, pois se torna consciente do seu papel em sua formação. Pode-se observar, portanto, que o professor não tem a função exata de “transmitir conhecimento”, mas de “criar possibilidades para sua construção” (FREIRE, 2016 *apud* LEAL, 2018).

Para Barison (2015), as universidades devem se envolver com a indústria, de forma a manterem-se atualizadas a respeito das tendências, compartilhando modelos genéricos e desenvolvendo módulos de ensino. Para a autora, os benefícios atingem a todos: (a) professores, pois haverá diversificação de temas associados às disciplinas, proporcionando fomento à pesquisa e produção de materiais didáticos; (b) profissionais, pois mostrarão as atividades de sua empresa; (c) empresas, pois se beneficiam com as pesquisas, utilizando soluções inovadoras para seus problemas; e (d) alunos, pois tem o contato direto com tecnologias emergentes e inovadoras.

Porém, o Engenheiro deve ter a consciência que seu aprendizado deve ser contínuo, não tendo fim quando conquista o diploma. O curso de formação tem a função de preparar o formando para o início de suas atividades e problemas

cotidianos, sendo necessária a busca permanente por atualização e aperfeiçoamento (ROMANO, 1999). O atual momento histórico requer uma postura proativa do profissional, sendo necessário um comportamento empresarial face à redução da oferta de emprego e à competitividade comercial crescente (AVILA, 2000).

No que se refere às tecnologias aplicadas ao ensino de Engenharia, o objetivo IV da Estratégia BIM BR³³, fala sobre o estímulo à capacitação em BIM.

ESTIMULAR A CAPACITAÇÃO EM BIM: a utilização do BIM exige que o profissional tenha conhecimento desse novo processo e esteja capacitado para as implicações decorrentes dessa mudança de paradigma. Isso é fator fundamental para que o BIM seja efetivamente compreendido, adotado e consolidado no mercado brasileiro (MDIC, 2018, p.18).

De forma resumida, o objetivo tem o foco em ações planejadas para o fomento à introdução do BIM nos currículos de graduação e pós-graduação em Engenharia e Arquitetura. Além disso estimula a certificação de profissionais em BIM, através de programas de capacitação, fomentando também o desenvolvimento e oferta no mercado por profissionais com essa formação (ENEBIM, 2018).

O Capítulo 4 faz uma abordagem geral sobre o BIM no ensino levando em conta o processo de aprendizagem e experiências nacionais e internacionais a respeito do tema. Pois, de fato, as instâncias governamentais já começam a exigir projetos segundo o paradigma BIM³⁴, levando à necessidade de atualização dos currículos de Engenharia Civil.

³³ Art. 2º do Decreto 9983/2019.

³⁴ Vide o Decreto 10306/2020, que estabelece a utilização do BIM na execução direta ou indireta de obras e serviços de Engenharia realizadas pelos órgãos e entidades de administração pública federal.

4. BIM NO ENSINO

Com a propagação do conceito de BIM, muitas empresas da indústria de Construção Civil do mundo todo estão à procura de profissionais com expertise nessa área de conhecimento (BARISON; SANTOS, 2011). Porém as universidades estão desenvolvendo outros tipos de competências que não abrangem o BIM (BARISON, 2015), formando profissionais com dificuldades no uso das ferramentas, por não conhecerem as tecnologias empregadas ou não terem sido preparados para utilizá-las (SALGADO, 2018). À medida que novos paradigmas educacionais surgem, os educadores devem se envolver nas mudanças. O aperfeiçoamento o ensino deve ser realizado usando as teorias e práticas necessárias para formar alunos preparados para as atualizações e necessidades do mercado de trabalho, compartilhando resultados com outros docentes, conduzindo pesquisas educacionais e publicando artigos na área (ORETA, 2016 *apud* RUSCHEL; CUPERSCHMID, 2018).

Checucci e Amorim (2014) e Barison (2015) sugerem que a adoção do BIM na grade curricular do curso siga da forma como as instituições acharem mais interessante, adaptando a sua realidade a esse paradigma e deixando explícito o grau de formação desejado aos seus alunos após a conclusão do curso a respeito do tema.

Etapas e prazos devem ser bem definidos para sua implementação (CHECCUCCI; AMORIM, 2014). Porém Ruschel, Andrade e Morais (2013) atentam ao fato de se limitar à formação básica do BIM torna a difusão do conceito menos generalizada nas instituições de ensino. Portanto, as universidades têm um papel importante nessa transição, formando profissionais capazes de entender o conceito BIM e o processo de trabalho colaborativo que ele proporciona (LOCKLEY, 2011 *apud* BARISON; SANTOS, 2011).

4.1 APRENDIZAGEM HUMANA, ENGENHARIA E BIM

Peterson *et al.* (2011) dizem haver, tradicionalmente, 2 técnicas didáticas que podem ser abordadas por professores em sala de aula: a abordagem cognitiva e a abordagem comportamental. A abordagem cognitiva, segundo os autores, faz uma observação do lado psicológico do aluno. O professor identifica métodos que acredita serem importantes para uma formação adequada de seus alunos,

ajudando-os em tarefas básicas e abstratas em que esses métodos podem ser aplicados, capacitando-os a fazer projetos profissionais. Esse tipo de abordagem pode ter o problema do aluno ficar distante das práticas e situações que encontrará na vida real, e portanto, ao longo de sua carreira.

Por outro lado, na abordagem comportamental, o professor elenca experiências de sucesso aplicadas por outras pessoas no mundo real, assumindo que ao contar essas histórias os alunos irão entender como aplicar técnicas de gerenciamento na prática. Porém, ao ter esse tipo de abordagem, os alunos não constroem uma visão crítica de como os projetistas chegaram à conclusão de aplicar tal método, além da dificuldade de enxergar seus próprios erros. A melhor didática, segundo o autor, é integrar as duas técnicas, em que o aluno aplicaria o método que achar mais interessante em uma situação que simularia possibilidades reais de projeto (PETERSON *et al.*, 2011).

O uso do BIM no ensino, segundo Checcucci (2014), estimula o desenvolvimento cognitivo do aluno ao se apoiar em algumas atividades, como: unir todas as informações do empreendimento em um único modelo, fazer análises e verificações do modelo (*code check* e *clash detection*), simular diversos parâmetros da edificação e facilitar a compreensão, reconhecimento e interpretação espacial dos diversos itens que possui. Tais verificações podem desenvolver também a abordagem comportamental citada por Peterson *et al.* (2011), pois as análises e simulações feitas no modelo BIM podem se aproximar ao que acontece na vida real de um projeto. Salgado (2018) complementa dizendo que a transmissão de temas específicos através de ferramentas digitais, usando uma metodologia criativa e imersiva pode aumentar a rapidez no aprendizado.

Uma prática comum, porém, aos cursos de graduação, propõe aos alunos aplicar os conceitos aprendidos dentro de sala de aula à exemplos abstratos e normalmente simples devido ao curto tempo disponível, não permitindo um ajuste fino dos métodos de gerenciamento utilizados na vida real (PETERSON *et al.*, 2011). Ruschel (2014) afirma que o modelo de concepção digital de projeto auxiliado com computador utilizando ferramentas CAD é o método mais adotado para o ensino de projetos nos cursos de Engenharia Civil, levando ao aluno um conhecimento amplo e genérico ao longo do curso. Em geral, segundo a autora,

esse tipo de abordagem não proporciona o contato com disciplinas de representação tridimensional, sendo suficiente a representação 2D e desenho técnico.

Para Peterson *et al.* (2011) e Ruschel (2014) a melhor solução para melhorar a capacidade de aprendizado dos alunos, a partir da visualização mais concreta dos problemas que serão enfrentados ao longo de sua carreira, é através da utilização de ferramentas BIM. Pois, como dito por Checcucci (2014), as ferramentas que envolvem a modelagem BIM aumentam a capacidade de visualização, permitida somente em simulações virtuais, como: vistas aéreas, de trechos enterrados, através da transparência de paredes ou equipamentos, permitindo inclusive agregar valores físicos ao projeto (como diferentes cores que representem diferentes etapas da obra). Tais representações aproximam o projeto do ambiente que será ou está sendo construído.

Para Florio (2011a *apud* CHECCUCCI, 2014) existem 5 operações cognitivas importantes a serem consideradas no processo de desenvolvimento de um projeto, que são: a classificação, a acumulação, a recuperação, a reestruturação e a adaptação de conhecimentos previamente processados na memória. As tecnologias computacionais são importantes suportes na aprendizagem baseada em projetos, e o avanço dessas deve ser considerado (PETERSON *et al.* 2011).

Para Checcucci (2014), ao fazer o uso contínuo de instrumentos tecnológicos, o ser humano entende essas ferramentas como uma extensão do seu corpo e tende a utilizá-las com mais naturalidade. Isso gera a suposição de que o BIM pode potencializar o processo de aprendizagem.

[...] acredita-se que BIM pode, sim, potencializar o aprendizado do processo de projeto, construção e gestão da edificação contribuindo para o desenvolvimento de diversas competências necessárias ao engenheiro civil, uma vez que demanda uma forma bem mais complexa de percepção cognitiva, apresentando múltiplas interações entre profissionais, processos, ferramentas e modelos. Com o tempo, amadurecimento do seu uso e a realização de testes e medições esta percepção poderá ser avaliada com mais profundidade (CHECCUCCI, 2014, p.119).

4.2 IMPORTÂNCIA E OBSERVAÇÕES A RESPEITO DA APLICAÇÃO

DO BIM NO ENSINO

Peterson *et al.* (2011) salientam que o BIM proporciona o gerenciamento das atividades praticadas em sala de aula de duas maneiras benéficas. A primeira é em relação ao armazenamento e geração estruturada de informações específicas sobre o projeto trabalhado, permitindo que os alunos entendam rapidamente e de forma eficaz o contexto no qual está inserido. A segunda diz respeito ao armazenamento de informações relacionadas de projeto, como geração de cotas e vistas automaticamente, o que reduz a necessidade de realizar tarefas repetitivas pelos alunos. Segundo os autores, essas duas vantagens permitem aos professores desenvolver programas de aula que simulem situações mais realistas às que acontecem na prática.

Para French e Vierck (2005 *apud* AGUILAR-MOLINA; AZEVEDO JUNIOR, 2015) o ensino de Desenho técnico tem uma importância fundamental no ensino de Engenharia, pois além da representação gráfica, descreve o objeto proposto, gerando registros da peça que podem servir para reparos e reproduções futuras. O BIM contribui para um planejamento cuidadoso de todas as fases do empreendimento, incentiva a simulação e compatibilização dos elementos, instalações e componentes construtivos da edificação, além de incentivar a colaboração na procura das melhores soluções para cada tipo de projeto (BASTO; LORDSLEEM JUNIOR, 2016).

Porém, Ruschel (2014) diz que a adoção de BIM pelas universidades brasileiras está sofrendo uma grande resistência, diferentemente de quando os projetos auxiliados por computador em ferramentas CAD começaram a substituir os projetos feitos à mão, em que a transição foi menos traumática. Essa barreira tem como principal fundamento o fato dessa nova tecnologia abranger diferentes campos de conhecimento, o que necessitaria de uma maior especialização por parte dos docentes no uso das ferramentas.

Wong, Wong e Nadeem (2011), por sua vez, dizem que dificuldades nas fases iniciais de adoção do BIM são inevitáveis. Porém, o uso contínuo de suas ferramentas e melhorias constantes nos processos, materiais de suporte, modelagem e treinamentos, pode mitigar efetivamente esses problemas. Os projetos em CAD dificilmente levam em conta informações importantes relativas ao

projeto, como orçamentos, cronogramas e especificações de materiais, sendo necessária uma programação e definição prévia de *layers* e o uso de extensões que possibilitem esses tipos de uso. Além desses fatores, os projetos feitos em CAD são apresentados em arquivos independentes e normalmente incompatibilizados (BASTO; LORDSLEEM JUNIOR, 2016). Além disso, o uso de ferramentas BIM permite a criação de estruturas e *designs* mais complexos, com uma compreensão mais rápida por parte dos alunos (WONG; WONG; NADEEM, 2011).

Para Checcucci e Amorim (2014) a avaliação de uma matriz curricular já existente pode facilitar a introdução do BIM, não sendo necessárias grandes mudanças. Porém outros aspectos devem ser levados em conta, como por exemplo a capacidade dos alunos de trabalhar e liderar equipes em um projeto multidisciplinar, como é comum à um profissional que utiliza BIM (CHECCUCCI; AMORIM, 2014; RUSCHEL, 2014).

Ruschel, Andrade e Moraes (2013) ressaltam o fato da difusão do conceito BIM dentro das universidades estar atrelado à capacidade de adaptação e vontade de mudança das mesmas. Pois, conforme os autores seguem dizendo, formar profissionais capacitados e inseridos em um mercado mais globalizado é imprescindível, devido ao risco eminente de projetos de maior complexidade não serem desenvolvidos dentro do Brasil. A baixa quantidade de profissionais aptos a desenvolver tais projetos, com a ruptura advinda do paradigma BIM no cenário da AECO, deve ser observada com cautela.

4.3 FASES DE APLICAÇÃO DO BIM NO ENSINO

Conforme observado ao longo deste trabalho, a importância e relevância do BIM no cenário da Construção Civil vai muito além da aplicação de ferramentas de representação gráfica de projetos, ou a simples extração de quantitativos e relatórios. Mas representa uma mudança no comportamento humano e nos processos que envolvem a indústria (EASTMAN *et al.*, 2014). Porém, é sabido que os *softwares* tem uma grande importância nesse novo paradigma, pois como sugerido por Penttilä (2006, *apud* RUSCHEL; ANDRADE; MORAIS, 2013), é possível fazer o gerenciamento de todo ciclo de vida do edifício em um modelo gerado digitalmente, aproximando o aluno da experiência vivida no canteiro de obras. Porém, Succar (2009) sugere que a adoção completa do conceito BIM no

cenário AECO deve ser gradual, de forma que o aluno tenha um embasamento teórico e prático para se ambientar à esse novo conceito, e poder extrair de forma eficaz os dados e informações inerentes à construção ou empreendimento em estudo.

Diversos autores (SUCCAR, 2009; BARISON; SANTOS, 2011; RUSCHEL; ANDRADE; MORAIS, 2013; CHECCUCCI; AMORIM, 2014) definem 3 fases de desenvolvimento BIM no ensino, sendo elas: introdutória (modelador/facilitador), intermediária (analista) e avançada (gerente).

Em sua tese de doutorado, Barison (2015) nomeia essas fases de desenvolvimento como Níveis de Proficiência BIM (NPBIM), fazendo uma explicação aprofundada sobre eles. Os níveis definidos por Barison são descritos de forma resumida a seguir:

NPBIM Introdutório:

Nesse nível de aprendizado o aluno não necessita ter tido um contato anterior com ferramentas CAD ou BIM, apesar desse contato permitir resultados mais satisfatórios. O objetivo das disciplinas de nível introdutório é promover um primeiro contato com os softwares BIM, ensinando a modelagem paramétrica, imposição de regras e restrições que definem os objetos, manuseio das ferramentas utilizadas, gerar algumas documentações, quantitativos e especificações a partir do modelo. Este nível desenvolve as competências do Modelador BIM (*BIM Modeler*) e do Facilitador BIM (*BIM Facilitor*) (BARISON, 2015).

NPBIM Intermediário:

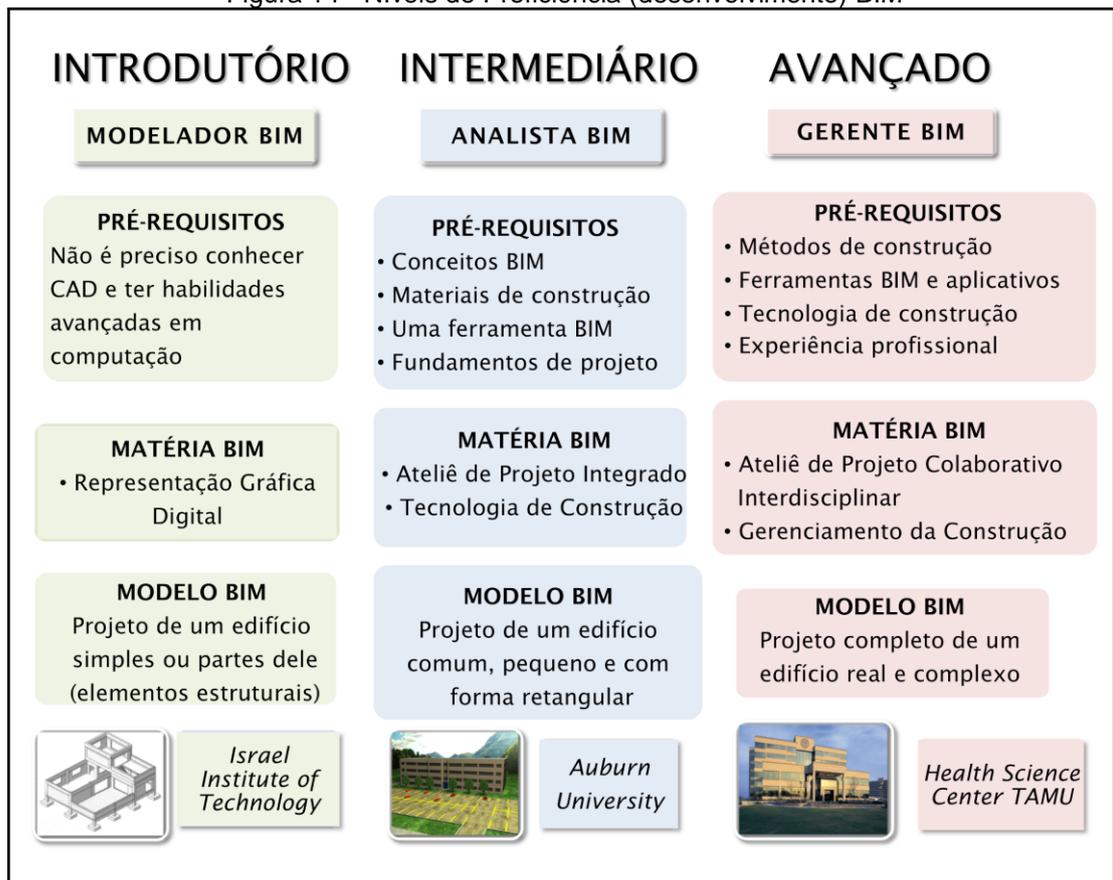
O objetivo desse nível é aprimorar os conhecimentos do Modelador BIM, sendo necessário conhecer fundamentos de projeto, saber os conceitos BIM e ter experiência nas ferramentas de sua área. Aprender novas ferramentas, técnicas avançadas de modelagem 3D, aprofundar os conhecimentos a respeito das famílias BIM, fazer simulações 4D/5D e análises a partir do modelo estão entre os processos que esse nível irá abordar. Este nível desenvolve as competências do Analista BIM (*BIM Analyst*) (BARISON, 2015).

NPBIM Avançado:

Neste nível é ensinado o gerenciamento de projetos em BIM, sendo necessário conhecimentos prévios a respeito de tecnologias e métodos construtivos, prática profissional, experiência nas principais ferramentas BIM, além de noções de programação e análise de dados. Em um tópico avançado, os objetivos a serem alcançados envolvem a interoperabilidade entre softwares, ferramentas de gerenciamento BIM, processos de formação e administração de equipes (inclusive entre equipes geograficamente dispersas) em trabalho colaborativo, apresentações de propostas orais e escritas (BARISON, 2015). A responsabilidade do gerente de projetos é garantir que as soluções técnicas apresentadas garantam as expectativas do cliente, melhorando a qualidade do projeto através da coordenação e interatividade de sua equipe (BASTO; LORDSLEEM JUNIOR, 2016). Este nível desenvolve as competências do Gerente BIM (*BIM Manager*) (BARISON, 2015).

A Figura 14 mostra um resumo a respeito dos diferentes Níveis de Proficiência BIM.

Figura 14 - Níveis de Proficiência (desenvolvimento) BIM



O uso do BIM, como o de qualquer tecnologia inovadora, tem suas dificuldades e desafios até seu entendimento completo e eficaz (RUSCHEL; CUPERSCHMID, 2018). Conforme Sacks e Pikas (2013 *apud* CHECCUCCI, 2014) recomendam, os esforços para o ensino devem focar tanto no entendimento da tecnologia como na gestão de processos e pessoas, de forma que o uso do BIM tenha um aproveitamento pleno.

4.4 FORMAS DE INSERIR O BIM NO ENSINO

Barison (2015) comenta duas abordagens utilizadas na introdução do BIM no ensino: a) utilizar o BIM em várias disciplinas ao longo do curso, funcionando como um facilitador para entender os assuntos ministrados; ou b) ensinar as competências BIM em uma ou duas disciplinas, representando a peça central no desenvolvimento de um novo currículo. A Figura 15 mostra essas abordagens.

Figura 15 - Estratégias utilizadas para implementar BIM no currículo



Fonte: Barison e Santos, 2011.

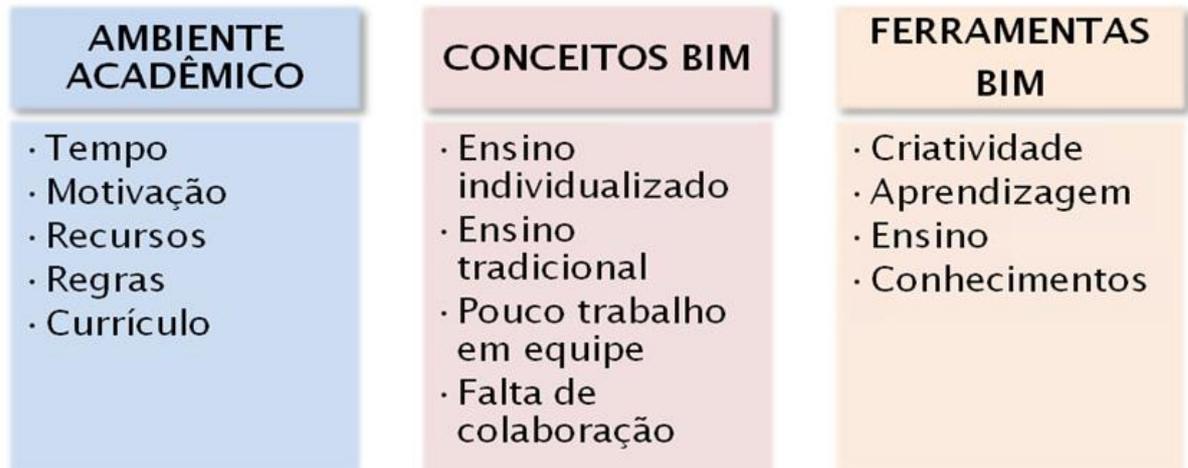
Essas abordagens vão de encontro às duas estratégias de disseminação do paradigma BIM citadas por Salgado (2018): BIM no ensino ou ensino do BIM. A primeira estratégia, segundo a autora, acontece com a aplicação dos conceitos BIM ao longo do curso, implementando nas disciplinas já existentes recursos que integrem o aprendizado com novas metodologias e práticas a respeito do tema. A segunda estratégia visa a criação de disciplinas com enfoque no BIM — principalmente no ferramental —, na qual a carga horária seria destinada à compreensão desse novo paradigma, porém sem haver a integração com as demais disciplinas do curso.

Barison e Santos (2011) e Checcucci e Amorim (2014) defendem a ideia da utilização do BIM em disciplinas já existentes, adaptando o conceito ao conteúdo já ministrado, promovendo a integração das ideias e dando um enfoque ao trabalho integrado entre equipes multidisciplinares dentro da grade curricular. Para Ruschel (2014), a pulverização do ensino de conceitos BIM ao longo de todo o curso de graduação se torna interessante, a fim de formar profissionais com um olhar mais crítico a respeito do tema. A integração dos conceitos BIM ao longo do curso proporciona, ainda, uma visão globalizada do profissional a respeito de todas as fases que estão acontecendo no empreendimento, alinhando-se à visão que a indústria da construção demanda (WONG; WONG; NADEEM, 2011)

O fomento para uma implementação mais abrangente que forme além do modelador BIM, mas também o analista e gestor BIM se mostra como a estratégia mais interessante para a consolidação do conceito no Brasil (RUSCHEL; ANDRADE; MORAIS, 2013). Na opinião de Checcucci e Amorim (2014), o paradigma BIM ser adotado ao longo do curso possibilita uma aprendizagem mais completa, integrada e abrangente do aluno. Porém fica claro que nem todos os aspectos relativos ao tema poderão ser abordados ao longo de um único curso de formação. Pois, os cursos de formação são, normalmente, compostos por departamentos que não interagem entre si (BARISON; SANTOS, 2011; CHECCUCCI, 2014).

Barison e Santos (2011) elencam possíveis obstáculos para a implementação do BIM no ensino, sendo elas relativas: (a) ao ambiente acadêmico, em que a estrutura do curso e currículo, além da motivação e capacitação dos professores influenciam diretamente; (b) aos conceitos BIM, em que o trabalho multidisciplinar e colaborativo é importante, sendo necessária uma maior integração entre as especialidades abordadas durante o curso, e; (c) às ferramentas BIM, pois a criatividade do aluno em projetos pode ser influenciada, bem como os processos de aprendizagem e ensino. A infraestrutura do campus em *softwares* e *hardware* pode se apresentar como uma barreira significativa nesse processo. A Figura 16 resume algumas dessas dificuldades, que voltam a ser tratadas no Capítulo 5, no qual foi analisada a opinião dos professores da UFRJ Macaé.

Figura 16 - Obstáculos para implementar BIM no currículo.



Fonte: Barison e Santos, 2011

Barison e Santos (2011) elencam 8 categorias de disciplinas nas quais o BIM poderia ser inserido, sendo elas: “Representação Gráfica Digital, Workshop, Ateliê de Projeto, Disciplina Específica de BIM, Tecnologia da Construção, Gerenciamento da Construção, Trabalho de Conclusão de Curso e Estágio Curricular.”

Para Ruschel e Cuperschmid (2018) algumas atualizações serão necessárias na grade curricular dos cursos. Na opinião das autoras, primeiramente deve-se inserir uma disciplina no fim do curso com ênfase em BIM, o que gerará uma necessidade de disciplinas iniciais que impactem na cadeia de ensino do BIM. Esta inovação pode acarretar demandas espaciais (como salas de informática e salas com *layouts* mais flexíveis), demanda de novos equipamentos computacionais e uma infraestrutura de comunicação mais eficiente. Entendendo que BIM é a integração e colaboração em diferentes etapas e processos de uma construção, seriam necessários momentos na grade curricular que abordem os conceitos de colaboração e também um enfoque maior na área de informática, fatores esses que se mostram, normalmente, insuficientes ou inapropriados (BARISON; SANTOS, 2011; RUSCHEL, 2014). Wong, Wong e Nadeem (2011) atentam à importância para os cursos de BIM voltados para a exportação de arquivos IFC em diferentes cenários, utilizando diferentes *softwares* de modelagem.

Checucci (2014) ressalta o fato de alunos que se encontram no início de uma disciplina que aborde conceitos e ferramentas BIM oferecem maior rejeição, enquanto os que se encontram no fim das mesmas mostram mais interesse, inclusive para continuar estudando a respeito do tema e aplicá-lo ao longo da

carreira profissional. Tal fator pode ser observado, pois os alunos que já possuem certo domínio a respeito dos conceitos envolvidos na construção civil, enxergam de forma mais evidente os benefícios de como o BIM pode ser aplicado. Pode-se afirmar que o BIM proporciona aos alunos a possibilidade de explorar modelos mais complexos e a analisar os efeitos provocados, permitindo-os tomar decisões mais inteligentes e assertivas (DENZER; HEDGES, 2008 *apud* WONG; WONG; NADEEM, 2011).

Uma característica citada por Ruschel, Andrade e Morais (2013) como crucial, é a revisão das grades curriculares dos cursos de Engenharia Civil e Arquitetura, com a criação de eixos verticais e horizontais de conhecimentos atrelados ao BIM. Tais eixos proporcionariam a troca de informações entre disciplinas, gerando uma maior coordenação, integração e colaboração entre os projetos. Além disso, a presença de professores de diferentes áreas de conhecimento e com disciplinas que abrangem todo o ciclo de vida da edificação, permite uma melhor difusão do conceito e absorção pelos alunos, pois um professor sozinho não é capaz de ensinar todos os aspectos referentes ao BIM (SACKS; PIKAS, 2013 *apud* CHECCUCCI, 2014).

Ao definir quais as disciplinas em que o BIM será introduzido, deve-se observar também quais as mudanças no plano de ensino/ programa do curso devem ser realizadas, como: o método de avaliação, as habilidades do professor, se a disciplina terá uma natureza teórica ou prática, entre outros fatores (BARISON, 2015). A análise da matriz curricular deve ser feita, ainda, por uma equipe de professores que conheçam a demanda do curso e lideradas por alguém que domine os conceitos BIM e possa esclarecer dúvidas que surjam ao longo desse trabalho (CHECCUCCI; AMORIM, 2014). Uma análise inicial do Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia da UFRJ Macaé, bem como seu currículo, é realizada no Capítulo 5 deste trabalho.

4.5 CASOS DE SUCESSO

Neste tópico foram escolhidos dois exemplos, um nacional e outro internacional, de universidades onde o BIM foi aplicado e obteve bons resultados acadêmicos. No exemplo internacional foi escolhido o caso da Polytechnic

University (PolyU) de Hong Kong e no exemplo nacional o caso da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

4.5.1. Polytechnic University (PolyU) de Hong Kong

Em uma iniciativa do *Department of Building and Real Estate* (BRE), da *Hong Kong Polytechnic University* (PolyU) o BIM está sendo incorporado nos currículos de gestão da construção, tecnologia da construção e levantamento quantitativo nos cursos de *Bachelor of Science* (BSc.) em *Surveying* e BSc. em *Building Engineering & Management* (WONG; WONG; NADEEM, 2011; RUSCHEL; ANDRADE; MORAIS, 2013). De acordo com as recomendações do *Departmental Academic Advisor* (DAA) da BRE, o BIM deveria ser inserido de forma gradativa e com uma abordagem integrada, além de disciplinas eletivas a respeito do tema. No primeiro ano, seriam ensinadas as ferramentas com enfoque na modelagem paramétrica e nos anos subsequentes as suas demais aplicações em orçamento, planejamento, estruturas e sistemas mecânicos (WONG; WONG; NADEEM, 2011).

As seguintes abordagens e aplicações do BIM podem ser observadas ao longo dos cursos:

- Introdução geral ao BIM e seu estado da arte corrente;
- Uso do BIM no *design* de edifícios, com ênfase em operações básicas no Autodesk Revit;
- Suporte à visualização e comunicação de projeto;
- Uso do BIM no levantamento de quantitativos, estimativa de custos e aquisição de materiais;
- Gestão da construção através da verificação de conflitos (*clash detection*) e simulações do 4D ao nD;
- Aplicação e gestão de facilidades;
- Compreensão do desenvolvimento e do potencial do BIM na indústria da construção.

Soluções utilizando o Autodesk Naviswork estavam começando a ser inseridas no quarto ano dos cursos da BRE e o Autodesk Ecotect sendo aplicado para soluções sustentáveis e avaliações energéticas (WONG; WONG; NADEEM, 2011).

Em um processo que considerou a opinião do corpo docente e as recomendações do DAA, a disciplina “*Drawings and CAD*” foi readequada em um modelo que 20% do tempo foi dedicado à desenho manual, 50% para desenho em CAD e os 30% restantes para o ferramental BIM. Com o passar do tempo existe o desejo de substituir gradualmente as ferramentas CAD por ferramentas BIM até a substituição total (*ibdem*).

Um curso com o nome “*Information Technology for the Construction Industry*” estava sendo proposto. O escopo de sua formação abrange o aprendizado de soluções em TI³⁵, com o BIM e seus conceitos servindo como base para a modelagem virtual. O laboratório de Prototipagem Virtual da Construção³⁶ do BRE serviria como suporte aos alunos para facilitar o aprendizado em prototipagem e realidade virtual, além de palestras, tutoriais e exercícios (*ibdem*).

Com o intuito de promover o aprendizado do IPD³⁷ no currículo, levando em conta a crescente demanda por profissionais que tenham a capacidade de liderar equipes colaborativas e manejar os dados gerados na Modelagem da Informação, o curso “*Information Technology and Systems (BIM + Virtual Prototyping)*” foi criado. Esse curso capacita os alunos a respeito do IPD e discorre sobre a importância da colaboração entre o projeto e as equipes da construção ainda nos estágios iniciais de desenvolvimento (*ibdem*).

Vale salientar que a incorporação do BIM no ensino da PolyU acontece de forma aplicada em disciplinas já existentes, porém as habilidades instrumentais ocorrem em disciplinas eletivas ou atividades extraclasse apoiadas por tutoriais *online* (RUSCHEL; ANDRADE; MORAIS, 2013).

O *feedback* dos alunos demonstrou benefícios positivos quanto à implementação do BIM no currículo, percebendo resultados quanto sua aplicação e ensino (WONG; WONG; NADEEM, 2011).

³⁵ Tecnologias da Informação, do inglês *Information Technologies (IT)*.

³⁶ *Construction Virtual Prototyping Laboratory*.

³⁷ *Integrated Project Delivery*. Uma explicação mais completa sobre o termo acontece nas seções 2.3 e 2.8.2 deste trabalho.

4.5.2. Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP

Em 2013, Ruschel, Andrade e Morais classificam através de relatos de experiências, o ensino do BIM da UNICAMP como nível intermediário (conforme descrito na seção 4.3), em que era formado um analista BIM. Os produtos gerados foram descritos como modelagem paramétrica (de arquitetura, instalações e estrutura) e extração automática da documentação, além da detecção de conflitos e simulações 4D (tempo e prazo) (RUSCHEL; ANDRADE; MORAIS, 2013).

Uma pesquisa mais aprofundada sobre os esforços para a inserção do BIM em disciplinas dos cursos de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo da FEC-UNICAMP aconteceu em 2018 pelas professoras Regina Ruschel e Ana Cuperschmid. Conforme as autoras descrevem, as primeiras disciplinas ofertadas com enfoque em BIM começam a acontecer em 2007, após uma reforma curricular realizada em 2003. Essas foram acompanhadas durante alguns anos, sendo necessárias algumas mudanças de acordo com a evolução da tecnologia e demandas observadas no curso (RUSCHEL; CUPERSCHMID, 2018).

Ruschel e Cuperschmid (*ibidem*) monitoram 3 disciplinas nas quais o BIM foi implementado, abordando as características mais relevantes da metodologia BIM que estão descritas a seguir:

i. *Projeto colaborativo:*

Em uma disciplina chamada Projeto X - Projeto Integrado e Colaborativo, que é a décima disciplina de ateliê de projeto do curso de Arquitetura e Urbanismo da FEC-UNICAMP, são vivenciadas frustrações e benefícios a respeito da adoção da metodologia BIM. As frustrações dizem a respeito da interoperabilidade ou habilidade insuficiente no domínio das ferramentas utilizadas, além de pouco tempo para o desenvolvimento do projeto. Porém benefícios associados à visualização e simulações são destacados, em que se têm informações suficientes para tomada de decisões em conjunto. São avaliados resultados, a partir de dados extraídos da modelagem BIM, além da observação de como os ambientes de colaboração estão sendo definidos e o compartilhamento do modelo digital do projeto (*uploads* e *downloads*) está acontecendo (RUSCHEL; CUPERSCHMID, 2018).

A disciplina, inicialmente, tinha o intuito de instigar o trabalho colaborativo e a composição de equipes de projeto para um aprendizado mais otimizado. Porém

com o crescimento da disseminação do conceito BIM pelo mundo, o uso de suas ferramentas para além da modelagem começou a ser utilizado. Segundo as autoras, esta não é a disciplina favorita dos alunos, justamente por forçar o uso tecnológico no desenvolvimento do projeto (modelagem, simulação, compartilhamento em nuvem). O fator interoperabilidade também foi destacado, devido aos diferentes *softwares* utilizados no processo, mas essa é uma barreira que tem diminuído devido aos grandes avanços tecnológicos dos últimos anos (*ibidem*).

As autoras ressaltam o fato do aspecto multidisciplinar que envolve a disciplina, sendo necessário um cuidado especial na formulação das equipes, garantindo habilidades de liderança, coordenação, sistematização, modelagem e simulação. A presença de professores com expertises diversas (arquitetura, interiores e urbanismo ou arquitetura, estrutura e sistemas prediais) também é importante, além do suporte de um especialista BIM (*ibidem*).

ii. *Integração e coordenação de projetos:*

Outra disciplina com o nome Integração de Projeto em CAD, tem ênfase à coordenação 3D e simulação 4D, destacando o potencial do BIM de integralizar os projetos, trazendo melhorias de desempenho e qualidade à obra. A disciplina obrigatória do 4º ano do curso de Engenharia Civil propõe exercícios em sala de aula e extraclasse com relação à outras disciplinas do curso, como: Desenho Assistido por Computador (ou modelagem em BIM), Técnicas Construtivas, Planejamento e Controle de Empreendimentos, Sistemas Prediais, Fundações, Projeto Estrutural de Edifício de Concreto Armado e Estruturas Metálicas dos Edifícios Industriais (RUSCHEL; CUPERSCHMID, 2018).

A disciplina teve um enfoque quando começou a ser oferecida em ferramentas CAD, tendo ênfase na gestão e integração de projetos. Ao longo dos anos, com os avanços tecnológicos e melhoria dos sistemas CAD (CAD 2D, 3D, 4D até BIM), foram necessárias modificações até abranger a coordenação 3D e simulação 4D em BIM de forma teórica e prática. Os benefícios da disciplina são diversos, observando a coerência entre projetos, nível de detalhamento do cronograma físico e financeiro, mapeamento entre o cronograma e o modelo 3D, recursos utilizados para otimizar este mapeamento (regras e/ou conjuntos), animações 4D do modelo

(modelo virtual 3D relacionado ao andamento das atividades do empreendimento) e compreensão geral do processo (*ibidem*).

Segundo as autoras, essa é uma disciplina muito bem vista entre os alunos, percebendo-se interesse aos temas discutidos e praticados, tendo inclusive um questionamento do motivo destes conceitos serem inseridos somente no fim do curso (*ibidem*).

iii. *Modelagem em BIM:*

Finalmente duas disciplinas de projeto foram exaltadas, sendo elas Informática Aplicada: Introdução ao CAD e Desenho e Projeto Assistidos por Computador. As disciplinas têm enfoque na modelagem, com a recriação em BIM de projetos referenciais e a observação de melhorias e benefícios associados, como: coerência do modelo com a referência, precisão da modelagem, organização da modelagem, a modelagem do entorno e o desenvolvimento da documentação (implantação, plantas, cortes, detalhes, elevações e perspectivas) (RUSCHEL; CUPERSCHMID, 2018).

As disciplinas são instrumentais e ministradas no laboratório de informática da FEC-UNICAMP. Recentemente, após alguns anos de observação, houve uma redução na carga horária das disciplinas, levando o aprendizado ferramental para extraclasse e mantendo somente a prática da representação ou modelagem dentro da sala de aula. Foi ainda observado que algumas disciplinas, como topografia e prototipagem de maquetes e terrenos, são essencialmente baseadas em CAD, tornando inviável a substituição total das ferramentas CAD por ferramentas BIM (*ibidem*).

Um fator importante nessa disciplina foi o fato dos alunos se preocuparem com o docente responsável por ministrar as aulas, exigindo alguém com forte domínio das ferramentas ministradas (*ibidem*).

5. APLICAÇÃO DO BIM EM UM CURSO DE ENGENHARIA CIVIL: O CASO DA UFRJ MACAÉ

Este capítulo tem o objetivo de fazer uma análise geral do Projeto Pedagógico do Curso (PPC) de Engenharia Civil da UFRJ Macaé, aplicando o método desenvolvido por Checcucci (2014) e usando algumas definições, observações e premissas defendidas ao longo deste trabalho.

O curso de Graduação em Engenharia Civil na UFRJ Macaé tem a pretensão de formar profissionais capacitados a atuar nos mais diversos setores da área, pois tem um caráter generalista em sua concepção (UFRJ-Macaé, 2017). Além disso, o campus tem uma demanda exigente na formação de seus alunos, tendo um papel socioeconômico importante para as regiões norte fluminense e baixadas litorâneas (KNOPP; FERREIRA; COSTA, 2019).

Atualmente, o curso conta somente com 1 (uma) disciplina eletiva com enfoque no paradigma BIM, com o nome “Introdução ao BIM”. A disciplina criada em 2016 tem o objetivo principal de difundir o conceito não incluído no currículo obrigatório, atingindo o aluno de forma direta. Segundo Knopp, Ferreira e Costa (2019), a estratégia da disciplina era de disseminar os conceitos, métodos e tecnologias BIM aos discentes, atingindo conseqüentemente o corpo docente. A sensibilização desses proporciona uma nova estratégia quanto a implementação do paradigma no currículo, permeando o tema em diversas disciplinas e tornando o ensino paulatino e consistente.

Ao longo do Capítulo 3, foram abordados temas associados ao ensino de Engenharia e as atualizações que tem ocorrido em sua regulamentação. Citou-se na Resolução CNE/CES 2/2019, que trata sobre o ensino de Engenharia no Brasil, em que:

- O Art. 3º, item II, fala sobre o aluno ter a capacidade de pesquisar, desenvolver, adaptar e utilizar novas tecnologias, tendo uma visão inovadora e empreendedora sobre as atividades de sua profissão;
- O Art. 3º, item IV, fala sobre o aluno ser capaz de adotar perspectivas multidisciplinares e transdisciplinares em sua prática;

- O Art. 4º, transcorre sobre as competências que o curso de Engenharia deve fornecer aos seus discentes ao longo da formação, podendo-se enfatizar a geração de modelos computacionais com resultados confiáveis, aplicação dos conceitos de gestão, projeção e determinação de parâmetros construtivos e operacionais, gestão de recursos físicos e materiais, o desenvolvimento de estruturas inovadoras e empreendedoras, comunicação por tecnologias digitais (TDICs), atualização perante aos métodos e tecnologias disponíveis, trabalho multidisciplinar em rede e, liderar equipes colaborativas.

Todos esses aspectos listados na Resolução têm uma correlação direta com o paradigma BIM. Além disso, os Decretos 9983/2019 e 10306/2020³⁸ fomentam a disseminação e regulam vários aspectos sobre a implementação do paradigma na indústria da Construção Civil e estimulam o seu acesso às universidades brasileiras.

Algumas das características discorridas ao longo do Capítulo 4 foram elencadas como as principais para justificar e auxiliar na difusão do conceito BIM no curso de Engenharia Civil da UFRJ Macaé, sendo elas:

- *BIM no Ensino*: A abordagem de difusão do paradigma BIM de maneira distribuída ao longo do curso se mostra como a mais vantajosa, pois os seus conceitos podem ser explorados de forma eficaz e ampla, pulverizando o ensino em diversas disciplinas já existentes. Essa estratégia diminui a necessidade de grandes mudanças no currículo e permite sua integração com novas metodologias e práticas proporcionadas por esse novo paradigma;
- *Potencialização do processo de aprendizagem*: O BIM proporciona o trabalho do aspecto cognitivo e comportamental do aluno, aproximando-o de experiências reais de projeto. Essas abordagens podem desenvolver uma série de competências ao apresentar múltiplas interações entre profissionais, processos, ferramentas e modelos.

³⁸ Olhar as seções 1.2 e 2.9.4.

- *Atualização da ementa de disciplinas já existentes:* A atualização dos currículos também é importante, de forma que os alunos tenham um conhecimento sobre as tecnologias e possibilidades que o BIM pode proporcionar durante sua vida profissional. Além disso, o BIM pode auxiliar nas disciplinas que necessitam ter uma visão global da edificação ou de alguma parte específica dela, reduzindo retrabalhos e gerando modelos mais confiáveis;
- *Ensino integrado e multidisciplinar:* Promover a integração das ideias trabalhadas durante o curso, instigando o trabalho colaborativo, multidisciplinar e integrado. Repensar a forma como as diferentes especialidades podem interagir em um projeto, proporcionando aos futuros profissionais uma percepção crítica e globalizada a respeito de todas as fases do empreendimento. Sendo essa, uma visão que se alinha à requerida pelo mercado de trabalho.

A metodologia desenvolvida por Checcucci e defendida em sua tese de Doutorado (2014), foi usada como base para a análise do PPC do curso. A autora cita como vantagens de se adotar uma estratégia mais integrada na difusão do conceito na grade curricular:

- Poucas alterações na matriz curricular, o que facilitaria a introdução do tema na formação acadêmica;
- Distribuição do tempo ao longo dos diversos componentes curriculares da grade;
- Possibilidade de os alunos trabalharem especialidades diversas, em diferentes disciplinas e com diferentes professores, o que acarreta uma visão variada sobre as diferentes formas de modelagem da informação.

Porém, algumas dificuldades também podem ser observadas ao se adotar esse tipo de estratégia:

- Ter um maior número de docentes no quadro de professores com conhecimento e formação em BIM;

- Necessidade de um forte trabalho colaborativo entre o corpo docente, a fim de evitar uma aprendizagem dispersa e pouco significativa;
- A criação de novos componentes curriculares, a fim de atender a formação desejada no curso.

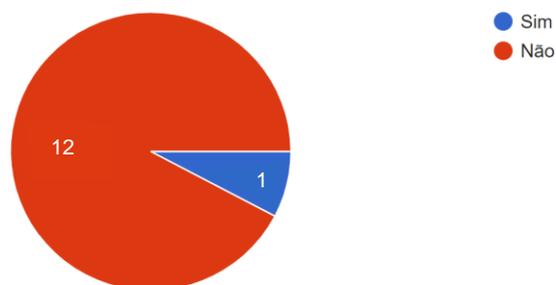
Com o intuito de tomar conhecimento sobre a opinião do corpo docente do curso de Engenharia da UFRJ Macaé, foi elaborado um formulário a respeito da introdução do paradigma BIM no currículo. Na data de aplicação, o corpo docente das Engenharias era composto por 61 professores, sendo: 23³⁹ do Núcleo Comum, 12⁴⁰ da Engenharia Civil, 13 da Engenharia Mecânica e 13⁴¹ da Engenharia de Produção. O formulário obteve uma participação de 21% do corpo docente, com 13 respostas no total (10 de professores da Engenharia Civil, 1 da Engenharia de Produção e 2 de professores do Núcleo de Conteúdos Básicos). O formulário pode ser encontrado no Anexo B.

Uma constatação bastante curiosa, como pode ser observado na Figura 17, mostra que somente 1 professor leciona aspectos relativos ao paradigma BIM em suas disciplinas, porém quase a totalidade dos mesmos acha importante a inserção do tema na grade curricular (Figura 18).

Figura 17 – Número de professores que ensinam conceitos BIM no curso de Engenharia Civil da UFRJ Macaé

4. Você ensina algum parâmetro BIM na(s) sua(s) disciplina(s)?

13 respostas



Fonte: O autor.

³⁹ Sendo 18 professores efetivos e 5 substitutos.

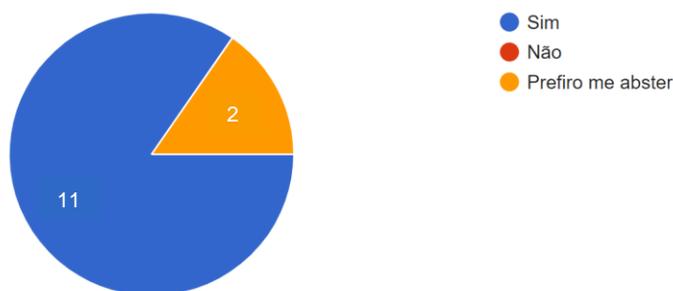
⁴⁰ Sendo 10 professores efetivos e 2 substitutos.

⁴¹ Sendo 8 professores efetivos e 5 substitutos.

Figura 18 - Opinião do corpo docente de Engenharia da UFRJ Macaé, em números, sobre a importância da inserção do BIM no currículo

5. Você considera importante a inserção do conceito BIM na matriz curricular do curso de Engenharia Civil?

13 respostas



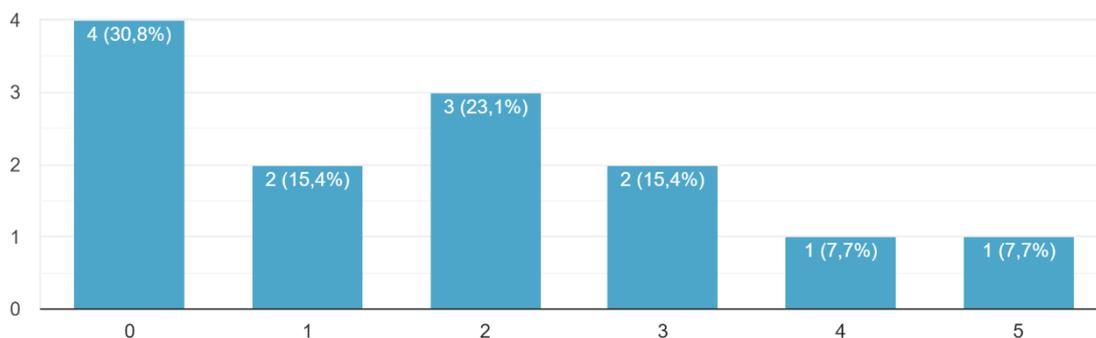
Fonte: O autor.

Essa baixa difusão do BIM aos alunos pode ter uma influência direta sobre o baixo conhecimento dos professores a respeito de seus conceitos (Figura 19). Essa característica demanda um foco maior em treinamento e especialização do corpo docente sobre esse novo paradigma.

Figura 19 – Nível de conhecimento do corpo docente de Engenharia da UFRJ Macaé, em uma escala de 0 a 5, sobre o paradigma BIM

2. Qual seu nível de conhecimento sobre o conceito BIM?

13 respostas



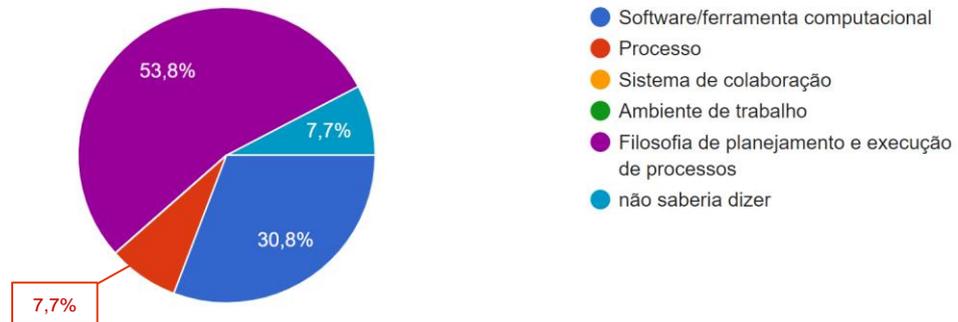
Fonte: O autor.

Porém, apesar de um baixo nível de conhecimento, tem-se um entendimento majoritário de que a aplicabilidade e conceitos BIM perpassam por uma filosofia de planejamento e execução de processos. Dos 13 respondentes, apenas 4 dizem que o BIM trata de uma ferramenta computacional e 1 que não saberia informar (Figura 20).

Figura 20 – Visão do corpo docente sobre possíveis definições do BIM

3. Na sua visão, o que melhor representa o BIM?

13 respostas



Fonte: O autor.

Algumas possíveis dificuldades que podem surgir durante a implementação dos conceitos BIM na universidade foram colocadas para avaliação dos respondentes. Foi adotada uma escala, em que o grau de importância pode ser avaliado segundo o corpo docente. Porém, alguns ressaltaram a dificuldade, devido à falta de conhecimento sobre as diretrizes da universidade, de responder essas questões. De qualquer forma, a seguir estão enumerados os pontos que tiveram maior destaque:

- Falta de professores capacitados;
- Falta de “espaço” no currículo para inserir novas disciplinas;
- Falta de tempo dos professores para planejar uma disciplina BIM;
- Falta de bons computadores e equipamentos apropriados;
- Dificuldade para conciliar horários de turmas interdisciplinares;
- Baixa demanda do mercado brasileiro por especialistas BIM;
- Falta de relacionamento curricular entre Projeto e Gestão.

Porém, um ponto que chamou atenção, é a disposição dos professores se capacitarem em aprender e ensinar BIM.

A fim de obter informações mais precisas sobre a implementação do BIM na universidade, foi realizada uma entrevista com o Professor José Luis Menegotto, presente no Anexo C, do Departamento de Expressão Gráfica da Escola Politécnica da UFRJ, que leciona aspectos relativos ao BIM desde 2013. Formado da faculdade de Arquitetura da Universidade Nacional de Buenos Aires, mestre e doutor pela

PROARQ UFRJ, é professor da Universidade Federal do Rio de Janeiro desde 2010, onde leciona na graduação as disciplinas de Desenho Computacional, Sistemas Projetivos, BIM I e Sistemas Gráficos Customizados (as duas últimas, eletivas).

Menegotto (2020), diz introduzir os conceitos relacionados ao BIM na disciplina de Desenho Computacional, pois o BIM compartilha conceitos à disciplina denominada CAD, principalmente à tarefa de projetar com o auxílio de uma estrutura de informação predeterminada e um agente artificial algorítmico⁴² (*software* – estrutura de informação). Para ele, o BIM tem a importância de confrontar os conhecimentos adquiridos em disciplinas específicas com outros conhecimentos, gerando um estado de tensão entre eles. A compreensão de que o projeto vai além da condição de “objeto”, passando à relação “objeto-processo”, muda a perspectiva de como as soluções serão enxergadas e conduzidas (os problemas serão tratados a partir de uma perspectiva espaço-temporal), defrontando o aluno à problemas como a concepção de projeto, construção, gerenciamento e formulação de empreendimentos, avaliação da construção, entre outros.

Para o professor, o aluno estudar e se aprofundar aos aspectos relativos ao BIM, o inserirá de maneira melhor no mercado de trabalho. Porém, não é possível, segundo ele, ensinar todos os conhecimentos atrelados ao BIM somente em uma disciplina específica, sendo necessário um aprendizado contínuo. Um fator considerado importante, é a abordagem da programação e de formulação de estrutura de dados relacionais, na qual será possível entender o funcionamento das ferramentas BIM. O papel da universidade, portanto, é funcionar como uma balizadora de possíveis caminhos que o aluno poderá seguir após sua formação, apresentando as tecnologias e processos que auxiliem nas suas atividades.

A inserção dos conceitos que regem o paradigma BIM no currículo, segundo Menegotto (2020), deve acontecer ainda no primeiro período. Para ele, diversas

⁴² Os processos CAD e BIM tem a capacidade de incorporar inteligência artificial em determinadas tarefas, fazendo com que o computador tome decisões a partir de um comando executado pelo usuário. Isso é possível através de um algoritmo com uma estrutura de informação pré-estabelecida (MENEGOTTO, 2020).

maneiras podem ser utilizadas como recurso para que essa abordagem ocorra, como em: disciplinas obrigatórias e eletivas, ateliês de projeto, seminários, palestras, exposições de cartazes, *webinars*, entre outros meios. É importante ressaltar que a tecnologia exige um processo de capacitação continuada, devendo-se relacionar o BIM em qualquer evento que seja possível.

Um aspecto considerado importante ao professor Menegotto (2020), é o fato de a disciplina BIM não ser exclusiva à alunos da Engenharia Civil. Para ele o conhecimento dos conceitos BIM é muito importante às atividades dos alunos de Engenharia de Produção, que por vezes são peças chave no gerenciamento de ativos. Alunos de Engenharia Mecânica também deveriam cursar a disciplina, pois são os engenheiros que mais dominam os projetos de sistemas HVAC (sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado), devido ao fato de possuírem uma grade curricular mais direcionada à mecânica dos fluidos, em contraposto aos engenheiros civis que se concentram na mecânica dos sólidos.

Os sistemas HVAC exigem um estudo complexo em edifícios de grande porte, como hospitais, laboratórios, aeroportos, *shoppings centers* e centros administrativos. Além disso, a arquitetura moderna tem implementado dispositivos mecânicos em suas fachadas para controle de sombreamento. Desta forma, outras engenharias devem educar seus discentes dentro desse entendimento tecnológico chamado BIM.

Mesmo diante das dificuldades, acredita-se que a adoção de uma proposta mais integrada para inserir o BIM no currículo é a mais adequada, tendo em vista a possibilidade de uma visão mais ampla do aluno a respeito do tema. É importante salientar que a adoção de tal estratégia possibilita um processo continuado na aprendizagem, com abordagem do conceito em diferentes momentos da formação (CHECCUCCI, 2014).

5.1 METODOLOGIA DE CHECCUCCI

A partir das premissas e objetivos identificados, Checcucci (2014) desenvolve o método que auxilia a identificação das interfaces entre a matriz curricular de um curso existente e o paradigma BIM, a fim de facilitar sua adoção integrada. Pode-se ainda utilizar a metodologia para identificar lacunas na matriz curricular, caso a decisão institucional seja uma reforma completa na grade.

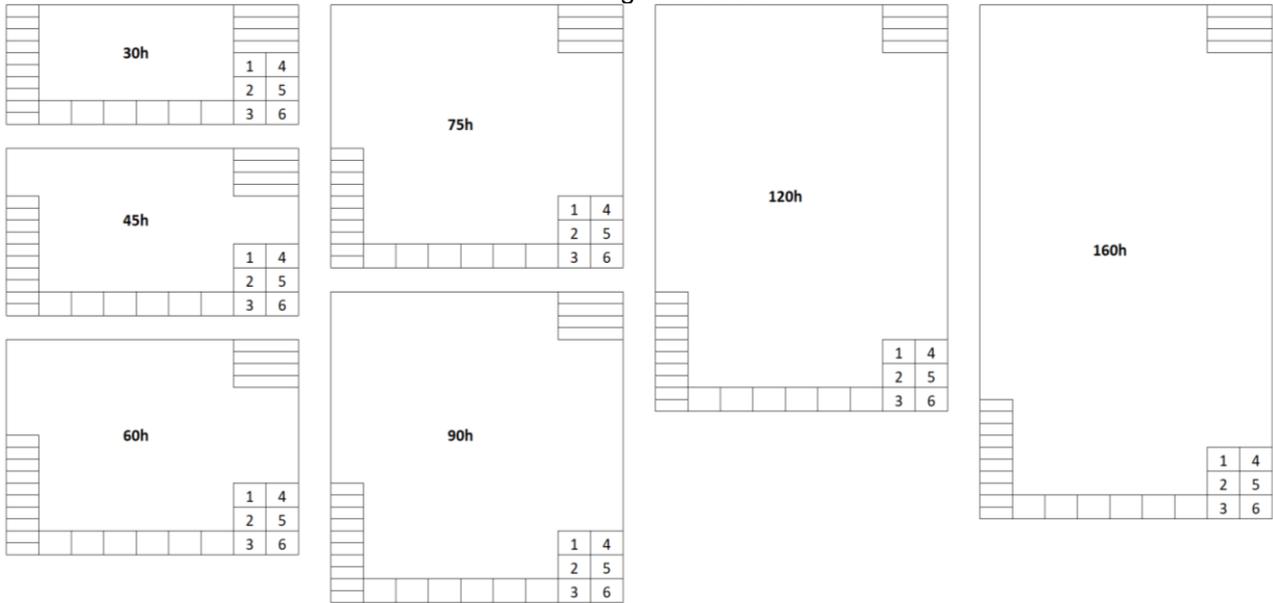
Inicialmente é feita uma análise documental das ementas das disciplinas do curso, mapeando e categorizando os diferentes componentes curriculares, a fim de evidenciar as interfaces identificadas. Essa análise é feita para garantir uma melhor observação dos aspectos correlatos, obtendo o máximo de informação (aspecto quantitativo) com o máximo de pertinência (aspecto qualitativo) (BARDIN, 1979 *apud* CHECCUCCI, 2014).

Para tornar a análise efetiva e organizada, foram criadas 4 (quatro) categorias nas quais a relação do BIM com a disciplina em estudo fica explícita. Essas estão dispostas a seguir:

- a) Relação entre o componente curricular e o paradigma BIM:** (1) não se visualiza nenhuma interface com o paradigma; (2) pode existir alguma interface, a depender do foco dado pelo professor, e (3) existe interface clara com o BIM;
- b) Conteúdos da modelagem que podem ser trabalhados na disciplina:** (1) ciclo de vida da edificação; (2) colaboração; (3) interoperabilidade; (4) coordenação do processo de modelagem; (5) modelagem geométrica tridimensional; (6) parametrização; (7) orientação a objetos; (8) semântica do modelo; (9) visualização do modelo; (10) simulação e análise numérica;
- c) Etapas do ciclo de vida da construção que podem ser discutidas:** (1) estudo de viabilidade; (2) projeção; (3) planejamento da construção; (4) construção; (5) uso, que envolve a operação e a manutenção, e (6) demolição ou requalificação;
- d) Disciplinas do projeto da edificação que podem ser trabalhadas:** (1) arquitetura; (2) estrutura; (3) elétrica; (4) hidráulica; (5) ar condicionado, e (6) outras disciplinas.

As categorias criadas são representadas em caixas dentro de um quadro que representa cada disciplina (Figura 21). Para mostrar se a disciplina em análise possui alguma interface com o paradigma BIM, entre conceitos, etapa do ciclo de vida e/ou disciplina de projeto, a caixa correspondente é pintada com um tom mais escuro.

Figura 22 - Quadros utilizados para análise das disciplinas, representados com suas diferentes cargas horárias



Fonte: Baseado em Checucci (2014).

A partir da ementa de cada disciplina, é possível identificar de que forma ela se relaciona com o BIM, observando se há alguma interface com o paradigma e se a mesma existir, se depende do foco dado pelo professor ou é clara. As disciplinas devem ser analisadas individualmente, observando os conceitos trabalhados ao longo do Capítulo 2 deste trabalho. Após a análise efetuada, a grade curricular é remodelada com gradações de cores, sendo possível fazer algumas constatações e observações acerca de lacunas identificadas e processos de ensino que podem ser alterados ou melhorados.

5.2 O CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UFRJ MACAÉ

O curso de Engenharia Civil da UFRJ Macaé é dividido em 10 períodos, tendo prazo de formação estimado em 5 anos. A divisão do currículo é feita entre as matérias do Núcleo Básico (em que as disciplinas são lecionadas em conjunto com a Engenharia de Produção e Engenharia Mecânica⁴⁴), Núcleo Profissionalizante e Núcleo Específico.

⁴⁴ Ao entrar na universidade, inicialmente o aluno é matriculado no curso de Engenharia (Núcleo Comum). A escolha de qual Engenharia deseja cursar, entre Civil, Mecânica e Produção, acontece somente ao adentrar no Núcleo Profissionalizante.

O Ciclo de Conteúdos Básicos é o primeiro na integralização curricular e compreende os conteúdos programáticos do Núcleo de Conteúdos Básicos. É composto por disciplinas fundamentais na formação inicial do Engenheiro, sendo entendidos como referências gerais para a formação do aluno. Os eixos temáticos que compõem o Núcleo de Conteúdos Básicos estão contemplados no Quadro 5, indicando as suas disciplinas, bem como sua carga horária⁴⁵ (UFRJ-Macaé, 2017).

Quadro 5 - Disciplinas do Núcleo de Conteúdos Básicos

Eixo Temático	Disciplina	Carga Horária
Informação e Comunicação	Introdução à Engenharia	30
Humanidades e Ciências do Ambiente	Engenharia e Sustentabilidade	30
Física	Mecânica Clássica	60
	Física Experimental: Mecânica Clássica	30
	Fluidos – Ondas e Oscilações Mecânicas – Termodinâmica	60
	Física Experimental: Fluidos – Ondas e Oscilações Mecânicas – Termodinâmica	30
	Eletromagnetismo	60
	Física Experimental: Eletromagnetismo	30
	Ondas. Introdução à Relatividade e Física Quântica.	60

Continua

⁴⁵ Foram inseridas na tabela somente as disciplinas obrigatórias, não sendo incluídas as disciplinas eletivas de engenharia e de humanidades. Também não foi indicada a disciplina “Estática dos Sólidos”, já que a mesma compõe o Eixo de Sistemas Estruturais do Núcleo de Conteúdos Profissionalizantes, representado mais a frente.

Quadro 5 - Disciplinas do Núcleo de Conteúdos Básicos (continuação)

Informática	Programação Computacional I	60
	Algoritmos e Estrutura de Dados	30
	Programação Computacional II	30
	Sistemas de Informação	30
Matemática	Diferenciação e Integração de Funções Uni-variável	90
	Diferenciação de Funções Multivariáveis	60
	Integração de Funções Multivariáveis	60
	Equações Diferenciais Parciais	60
	Sistemas de Equações Lineares e Não-lineares	60
	Probabilidade e Estatística	60
	Análise Numérica	60
Química e Ciências dos Materiais	Química Geral	75
	Estrutura e Propriedade dos Materiais (Grupo Engenharias)	60
Dimensão Física e Representação Gráfica	Sistemas Projetivos	60
	Desenho Computacional	30
	Técnicas e Métodos de Medição	30
Sistemas de Conversão de Energia	Elétricos e Eletrônicos: Elementos de Circuitos	60
	Laboratório Circuitos Eletroeletrônicos	30
Total		1335

Fonte: Adaptado do PPC de Engenharia (UFRJ Macaé), 2017.

O Ciclo de Especializações abrange os conteúdos programáticos pertencentes ao Núcleo de Conteúdos Profissionalizantes e ao Núcleo de Conteúdos Específicos. Ao adentrar nesse Ciclo, a estrutura curricular dos cursos de Engenharia se desdobra em domínios denominados “Sistemas”, no qual são lecionadas as competências e habilidades necessárias à formação específica profissional. Esses Sistemas são compostos por Eixos Temáticos, nos quais as disciplinas correspondentes a cada Eixo podem ser identificadas, conforme mostrado nas tabelas a seguir. Vale ressaltar que essa estrutura curricular permite aos alunos cursar além das disciplinas obrigatórias para sua formação, disciplinas complementares que desenvolvam competências extras. A observação do rendimento e orientações a respeito das disciplinas que o aluno deve prosseguir devem ser garantidas pela coordenação do curso e orientadores pedagógicos (UFRJ-Macaé, 2017).

A proposta das Estruturas Curriculares dos cursos, inclusive as disciplinas e seus conteúdos programáticos, deve ser entendida como uma referência geral, com a possibilidade dinâmica de modificações, aperfeiçoamentos e exclusões de conteúdo se assim for de interesse dos Núcleos Docentes Estruturantes (NDEs) (UFRJ-Macaé, 2017, p.34).

Os Eixos Temáticos que compõem a Engenharia Civil são:

- Sistemas Estruturais;
- Sistemas Hidrológicos e de Saneamento;
- Sistemas Geomecânicos;
- Sistemas de Construção Civil;
- Sistemas de Transporte e Logística.

As disciplinas pertencentes a cada Eixo Temático, bem como sua carga horária e período estão representadas nos quadros a seguir:

Quadro 6 - Disciplinas dos Núcleos Profissionalizante e Específico

Eixo Temático	Disciplina	Carga Horária
Sistemas Estruturais	Estática dos Sólidos	90
	Tensões e Deformações	60
	Comportamento dos Materiais	60
	Análise das Estruturas	90
	Concreto Armado I	60
	Estruturas de Madeira	30
	Concreto Armado II	60
	Estruturas Metálicas	60
	Pontes	75
	Projeto de Sistemas Estruturais	60
Sistemas de Hidrologia e de Saneamento	Hidrologia Geral	60
	Hidráulica Geral	60
	Engenharia Portuária e Costeira	30
	Saneamento Ambiental	60
	Planejamento Ambiental	30
Sistemas Geomecânicos	Geomecânica	60
	Mecânica dos Solos	75
	Geotecnia	90
	Fundações I	60
	Fundações II	60

Continua

Quadro 6 - Disciplinas dos Núcleos Profissionalizante e Específico (continuação)

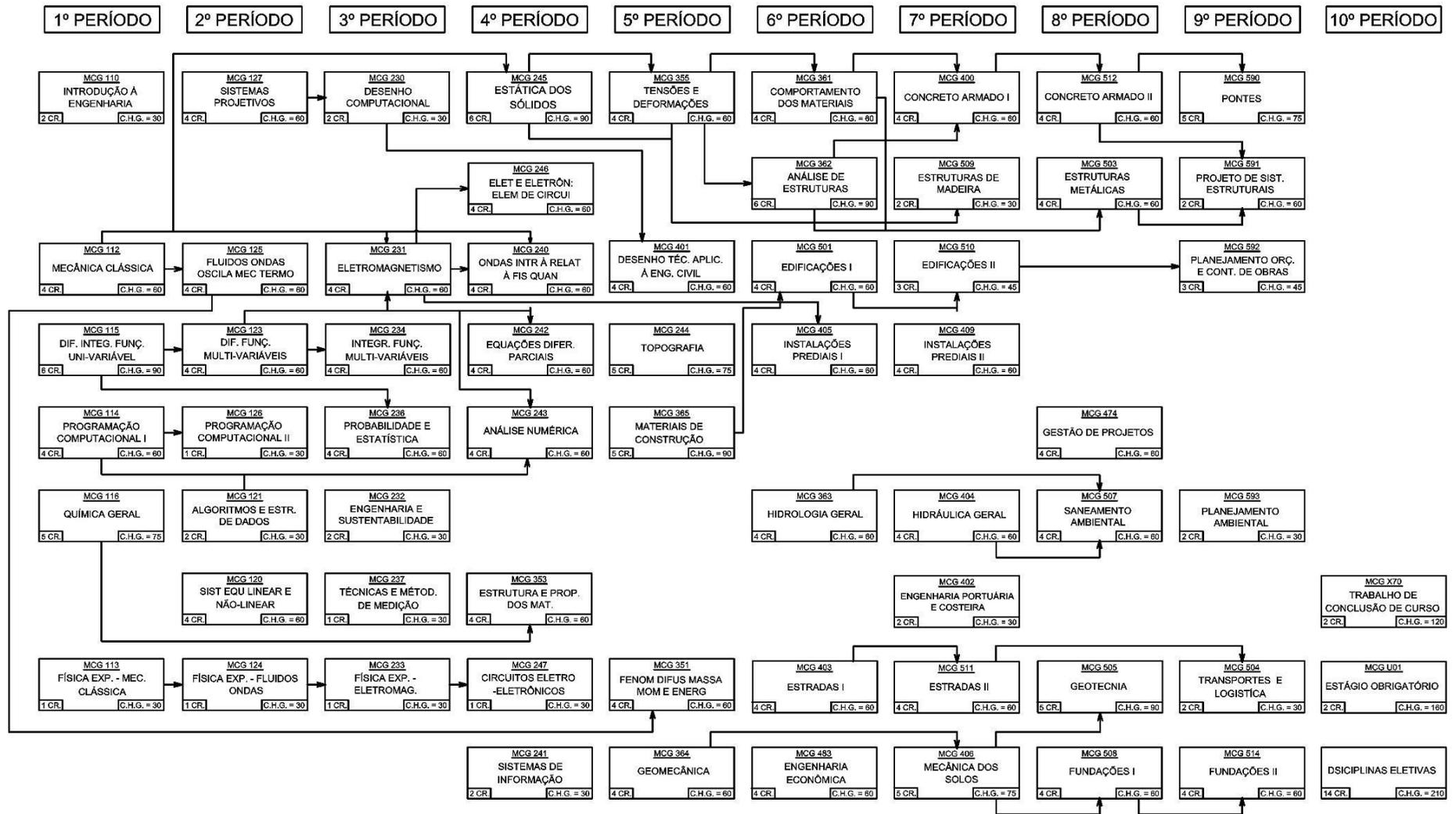
Sistemas de Construção Civil	Desenho Técnico Aplicado à Engenharia Civil	60
	Topografia	75
	Materiais de Construção	90
	Edificações I	60
	Instalações Prediais I	60
	Edificações II	45
	Instalações Prediais II	60
	Planejamento, Orçamento e Controle de Obras	45
Sistemas de Transporte e Logística	Estradas I	60
	Estradas II	60
	Transportes e Logística	30
Grupo Engenharias	Fenômenos Difusivos de Massa, Momento e Energia	60
	Engenharia Econômica	60
	Gestão de Projetos	60
Total		2055

Fonte: Adaptado do PPC de Engenharia (UFRJ Macaé), 2017.

O fluxograma completo da Engenharia Civil está representado na Figura 23, contendo todas as disciplinas obrigatórias, bem como os pré-requisitos necessários para cursar cada uma delas.

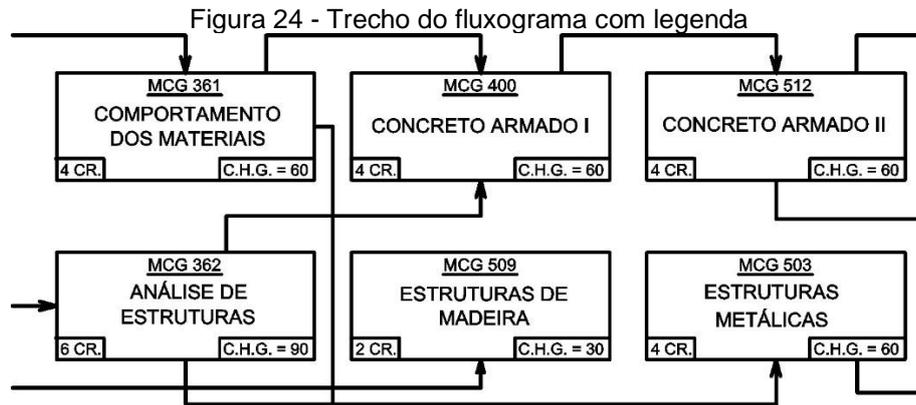
Figura 23 - Fluxograma contendo todas as disciplinas obrigatórias para a graduação em Engenharia Civil da UFRJ Macaé

Grade Curricular do Curso de Engenharia Civil - UFRJ Macaé

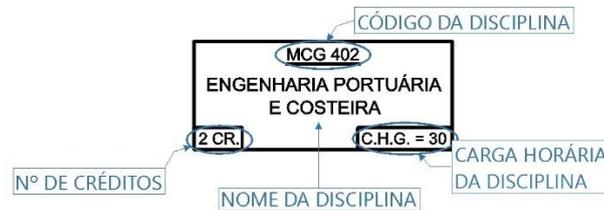


Fonte: Adaptado de UFRJ Macaé.

A Figura 24 mostra um trecho ampliado do fluxograma e uma legenda que explica as informações nele contidas:



LEGENDA:



→ Pré-requisito

Fonte: Adaptado de UFRJ-Macaé.

As disciplinas eletivas, responsáveis por 210 horas da integralização curricular do curso de Engenharia Civil da UFRJ Macaé, não serão discutidas neste trabalho, uma vez que há grande oscilação de oferta das mesmas entre os períodos, a depender da disponibilidade e iniciativa do corpo docente. O fato de a grade eletiva não ser discriminada de forma rígida e devido à elevada carga horária destinada à essas, possibilita a inserção de novas disciplinas com enfoque em BIM, uma vez que apenas uma disciplina, com 30 horas, é apresentada entre elas: Introdução ao BIM.

A disciplina “Introdução ao BIM”, teve como motivação para sua criação justamente esta defasagem na contemplação dos seus conceitos no currículo do curso. A fim de criar um ambiente favorável para a difusão do paradigma BIM, a disciplina busca atingir o aluno de forma direta, sendo dividida entre 20 horas de carga horária prática e 10 horas de carga horária teórica. São trabalhados os conceitos que regem o paradigma, seguido por um projeto que abrange as etapas

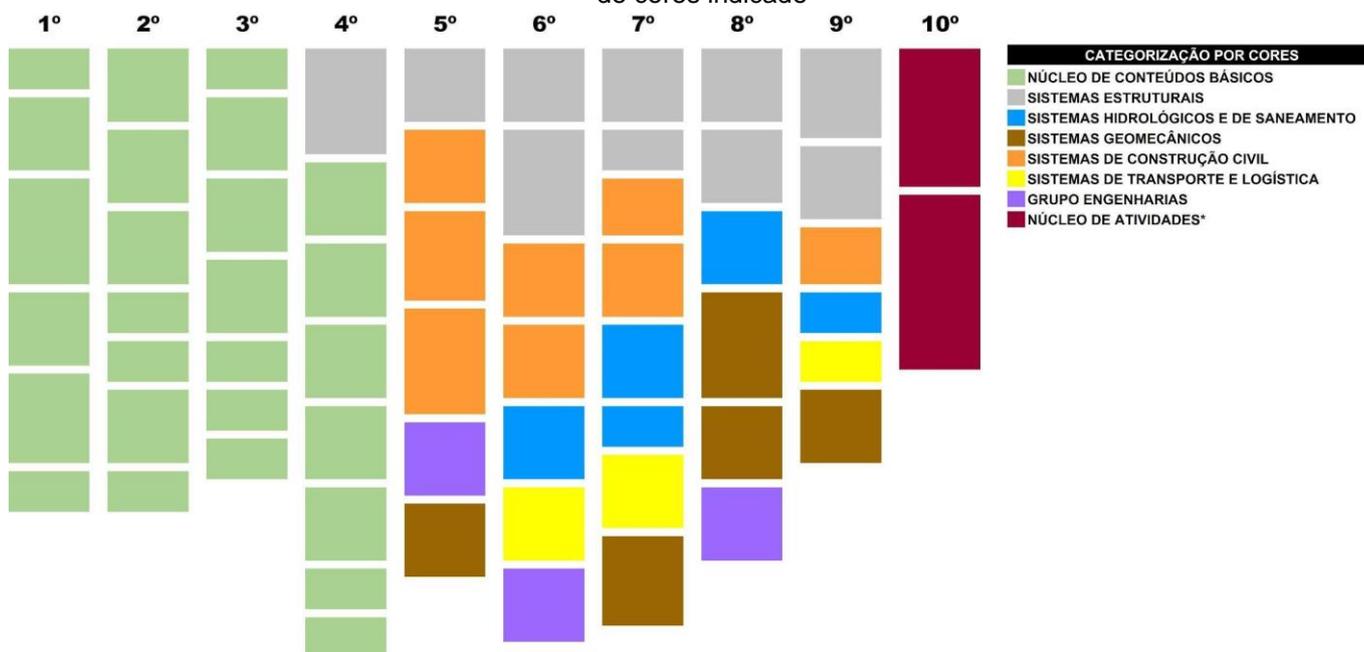
iniciais da concepção do ciclo de vida de uma edificação, às quais o BIM tem uma importância para projetos técnicos nas seguintes áreas: modelagem, documentação e apresentações tridimensionais (KNOPP; FERREIRA; COSTA, 2019).

5.2.1 Avaliação da grade curricular segundo o Método de Checcucci

Com o fluxograma completo do curso e com todos os Núcleos e Eixos Temáticos expostos, é possível começar a análise da grade segundo o método de Checcucci (2014).

A grade é inicialmente reformulada e representada no programa Microsoft Excel. Os quadros representados na Figura 22 para as cargas horárias e um código de 8 cores que separa o Núcleo Comum e os Eixos Temáticos que compõem o Núcleo Profissionalizante, são utilizados. A representação inicial foi feita exatamente na disposição e ordem mostradas no fluxograma (Figura 25).

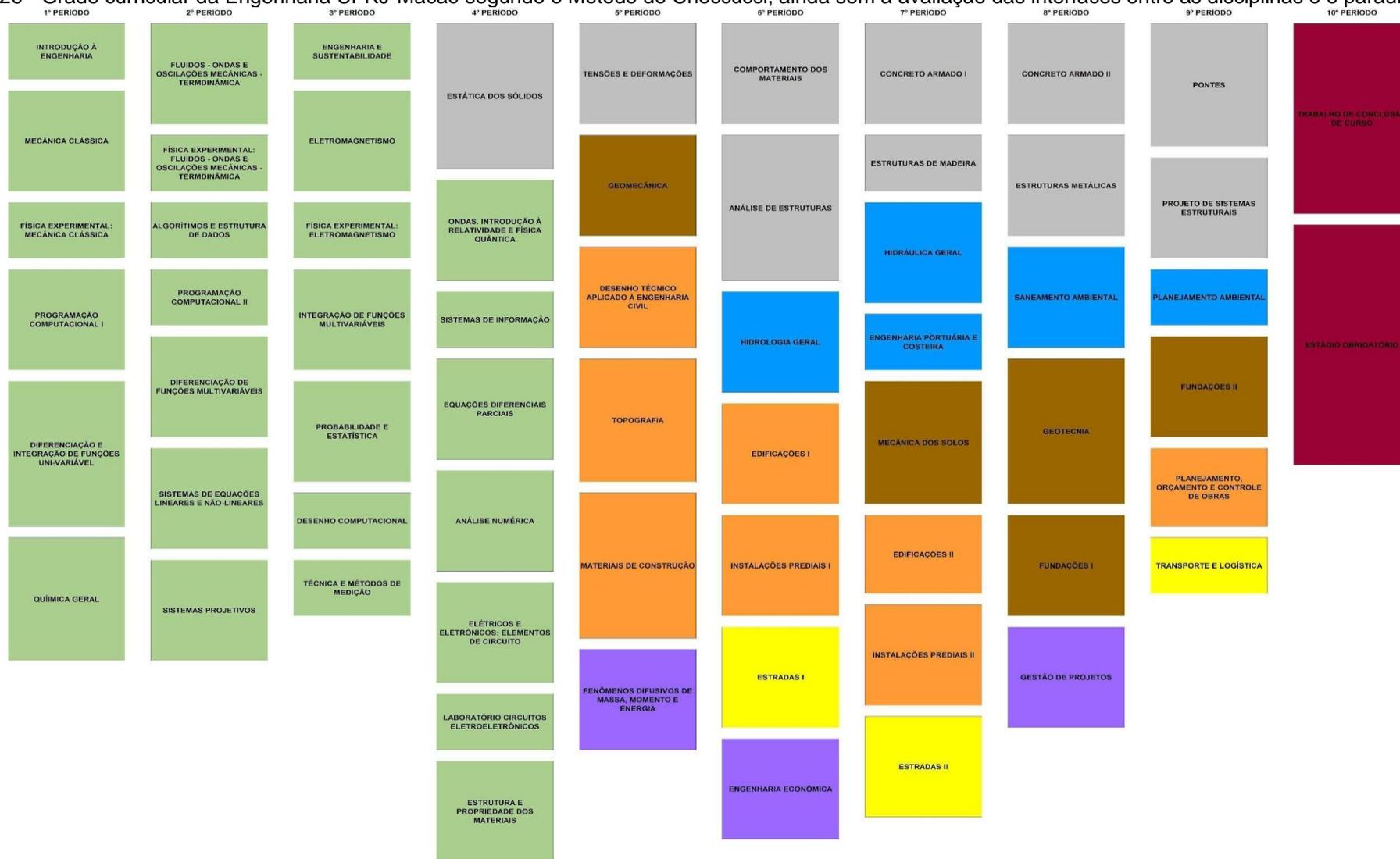
Figura 25 - Divisão da grade curricular utilizando os quadros referentes às cargas horárias e código de cores indicado



Fonte: O autor.

A fim de facilitar a leitura da grade e torná-la mais harmônica, foi realizado um reagrupamento das disciplinas por cores. A Figura 26 mostra como ficou a grade após essa reformulação, indicando também o nome das disciplinas

Figura 26 - Grade curricular da Engenharia UFRJ-Macaé segundo o Método de Checcucci, ainda sem a avaliação das interfaces entre as disciplinas e o paradigma BIM



Fonte: O autor.

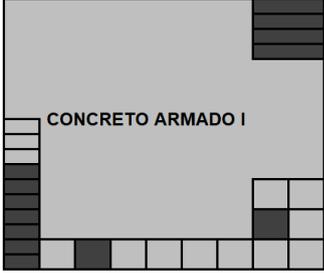
Com a nova configuração da grade curricular, adotando o sistema de cores para cada Eixo Temático e os quadros com suas cargas horárias específicas, o Método de Checcucci (2014) pode ser finalmente aplicado para verificar quais disciplinas possuem interface com o paradigma BIM. A partir da ementa de cada disciplina pode ser feito o estudo das categorias mencionadas no início da seção 5.1. Aplicando o passo a passo do Método, pode-se verificar quais as interações de cada disciplina ao paradigma. O Quadro 7 mostra como foi efetuada a análise em 5 disciplinas, escolhidas aleatoriamente, com o intuito de exemplificar o processo. A análise completa das disciplinas está contida no Anexo A.

Quadro 7 - Exemplo de análise feita em 5 disciplinas

 <p>SISTEMAS PROJETIVOS</p>	<p>EMENTA: Sistemas de Projeções; Sistema de Monge, Métodos Descritivos. Seções Planas. Vistas Ortográficas: cortes; seções. Axonometria: perspectivas isométricas e oblíquas. Aplicações.</p> <p>ANÁLISE: Possui interface clara com o paradigma BIM. Podem ser trabalhados conceitos de modelagem, envolvendo coordenação do processo de modelagem, modelagem geométrica tridimensional e visualização do modelo.</p> <p>REPRESENTAÇÃO: Cor verde escuro (Núcleo de Conteúdos Básicos / Dimensão Física e Representação Gráfica / categoria (a) opção 3). São preenchidos os espaços relativos à categoria (a); à categoria (b) - coordenação do processo de modelagem, modelagem geométrica tridimensional e visualização do modelo.</p>
 <p>DESENHO TÉCNICO APLICADO À ENGENHARIA CIVIL</p>	<p>EMENTA: Instrumental básico para desenho técnico, com aplicação em projetos de engenharia e arquitetura; Escalas; Cotagem; Noções de Vistas Ortográficas e Isometria; Planta Baixa; Planta de Cobertura; Cortes; Fachadas; Plantas de Orientação, Situação e Locação; Escadas; Elevações; Desenho de Elementos de Instalações Prediais; Desenho de Elementos Estruturais.</p> <p>ANÁLISE: A disciplina possui interface clara como paradigma BIM. Por se tratar de uma disciplina de projetos de Engenharia Civil, os conceitos BIM podem ser amplamente abordados. Pode-se trabalhar os projetos de arquitetura, estrutura e instalações prediais e diferentes <i>softwares</i>, promovendo a colaboração e a interoperabilidade em um trabalho multidisciplinar.</p> <p>REPRESENTAÇÃO: Cor laranja escuro (Núcleo de Conteúdos Profissionalizantes / Eixo dos Sistemas de Construção Civil / categoria (a) opção 3). São preenchidos os espaços relativos à categoria (a); à categoria (b) – ciclo de vida da edificação, colaboração, interoperabilidade, coordenação do processo de modelagem, modelagem geométrica tridimensional, parametrização, orientação à objetos, semântica do modelo e visualização do modelo; à categoria (c) – projeção e planejamento da construção; e categoria (d) - é possível abordar diferentes disciplinas de projeto.</p>

Continua

Quadro 7 - Exemplo de análise feita em 5 disciplinas (continuação)

	<p>EMENTA: Propriedades gerais dos materiais. Métodos de ensaio, especificações e normas de execução. Controle da qualidade. Laboratórios, máquinas e equipamentos. Novos materiais e materiais não convencionais. Normalização nacional e internacional. Noções de Ciência dos Materiais. Principais materiais utilizados na construção: agregados, aglomerantes, argamassas, concretos, madeiras, materiais cerâmicos, materiais metálicos, plásticos, vidros, tintas e vernizes. Introdução à tecnologia básica do concreto: Conceitos, materiais componentes e dosagem.</p> <p>ANÁLISE: A depender do foco dado pelo professor, podem ser lidos textos que tratam sobre os conceitos BIM, no que diz respeito ao controle de qualidade na obra em um processo de fiscalização das atividades, além da possibilidade de parametrização dos materiais a serem utilizados no modelo de projeto.</p> <p>REPRESENTAÇÃO: Cor laranja claro (Núcleo de Conteúdos Profissionalizantes / Eixo dos Sistemas de Construção Civil / categoria (a) opção 2). São preenchidos os espaços relativos à categoria (a); e à categoria (b) - etapas do ciclo de vida da edificação, parametrização e semântica do modelo.</p>
	<p>EMENTA: Propriedades do concreto e do aço; aderência. Relações constitutivas. Segurança: estados limites últimos e de utilização. Dimensionamento no estado limite último de seções sob solicitações normais. Flexão composta reta. Cisalhamento com flexão. Torção. Verificação dos estados limites de fissuração e deformação; flechas imediatas e diferidas. Vigas e pilares. Vigas de seção retangular. Vigas de seção T. Verificação ao cisalhamento, verificação à torção: analogia da treliça, deslocamento do diagrama, estribos e ferros dobrados. Ancoragem e emenda de barras. Armadura de vigas: detalhamento das barras longitudinais, distribuição da armadura transversal. Lajes: tipos, esforços atuantes, cargas, espessuras, flechas admissíveis, momentos fletores, correção de momentos. Armaduras das lajes: detalhamento, recomendações de Norma, armadura mínima.</p> <p>ANÁLISE: Possui interface clara com o BIM, podendo ser abordados aspectos sobre a modelagem tridimensional dos elementos e suas armaduras, gerando documentos de forma acelerada, através da parametrização dos elementos, orientação e semântica para construção, visualização do modelo, além de simulações e análises computacionais. A etapa de projeção pode ser abordada, bem como fazer projetos estruturais durante a disciplina.</p> <p>REPRESENTAÇÃO: Cor cinza escuro (Núcleo de Conteúdos Profissionalizantes / Eixo dos Sistemas Estruturais / categoria (a) opção 3). São preenchidos os espaços relativos à categoria (a); à categoria (b) – coordenação do processo de modelagem, modelagem geométrica tridimensional, parametrização, orientação à objetos, semântica do modelo, visualização do modelo e, simulação e análise numérica; categoria (c) - projeção; e categoria (d/2) - projeto de estruturas.</p>

Continua

Quadro 7 - Exemplo de análise feita em 5 disciplinas (continuação)

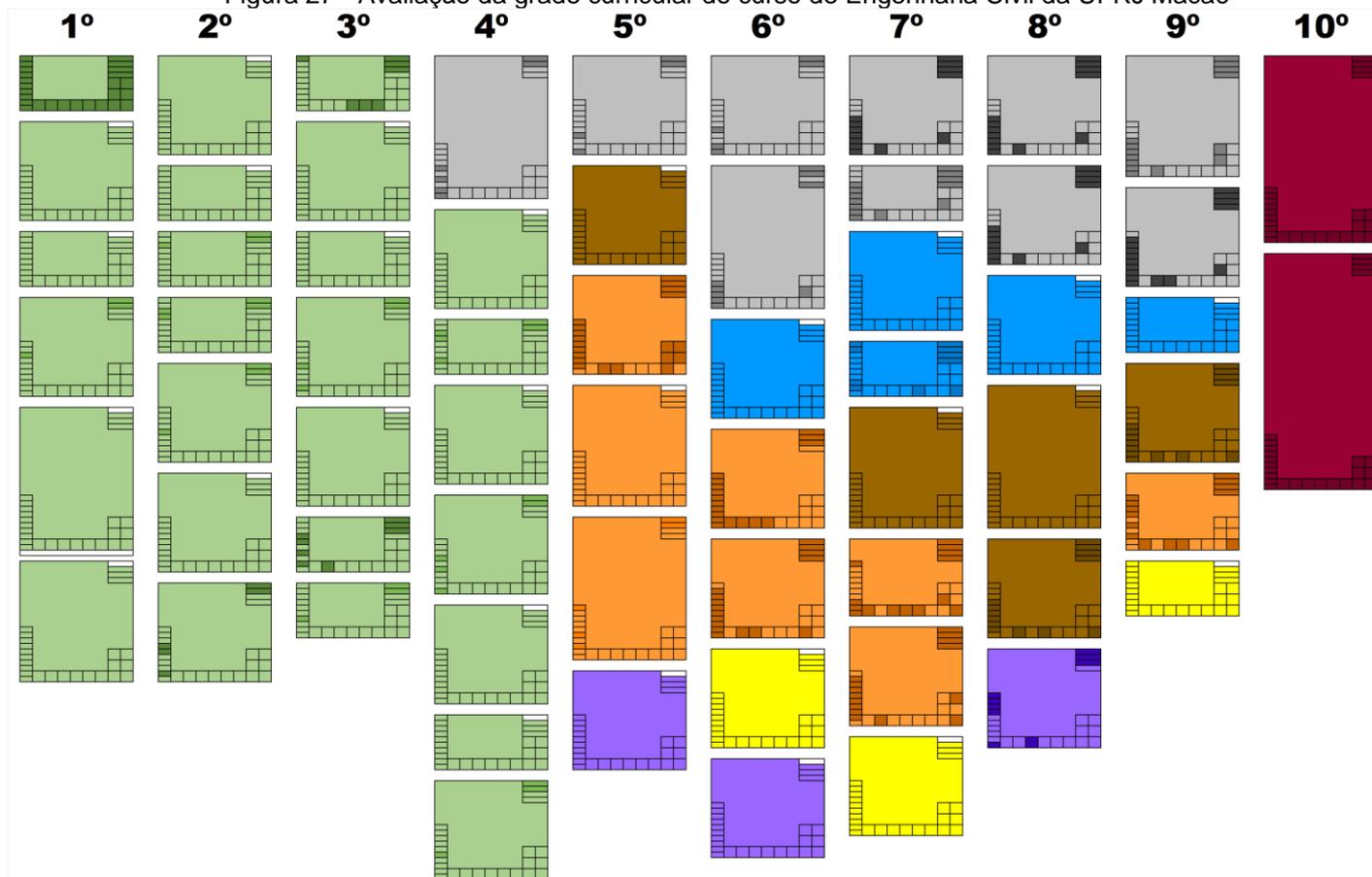
 <p>PROJETO DE SISTEMAS ESTRUTURAIS</p>	<p>EMENTA: Sistemas Estruturais: Conceito e função dos sistemas estruturais, princípios da estabilidade global, sistemas básicos, formação dos sistemas estruturais. Edifícios de Concreto: Sistemas estruturais, Estabilidade Global, parâmetros de instabilidade e processo p-delta; Ação do vento em edifícios de múltiplos andares; Concepção estrutural; Modelo estrutural e elementos especiais de concreto. Sistemas Estruturais em aço: Sistemas estruturais de edifícios de andares múltiplos; edifícios de pequeno porte; galpões e coberturas de grandes vãos.</p> <p>ANÁLISE: A disciplina possui interface clara com o paradigma BIM. É possível abordar conceitos sobre o modelo do projeto proporcionado pelo BIM, envolvendo análises e simulações, parametrização, orientação à objetos, coordenação da modelagem, entre outros. Deve-se dar ênfase ao conceito da colaboração, no qual o trabalho em rede pode ser praticando, formando-se grupos que trabalhem no mesmo projeto simultaneamente. Os membros poderiam se dividir entre os diversos sistemas que compõem a edificação, simulando uma situação real de projeto.</p> <p>REPRESENTAÇÃO: Cor cinza escuro (Núcleo de Conteúdos Específicos / Eixo dos Sistemas Estruturais / categoria (a) opção 3). São preenchidos os espaços relativos à categoria (a); à categoria (b) – colaboração, interoperabilidade, coordenação do processo de modelagem, modelagem geométrica tridimensional, parametrização, orientação à objetos, semântica do modelo, visualização do modelo e, simulação e análise numérica; à categoria (c) - projeção e planejamento da construção; e categoria (d/2) – projeto estrutural.</p>
--	--

Fonte: O autor.

A Figura 27 representa a grade curricular da Engenharia Civil da UFRJ Macaé após análise completa, segundo o Método de Checcucci (2014). Todas as disciplinas foram analisadas⁴⁶, gerando uma interpretação visual bastante interessante.

⁴⁶ A análise de todas as disciplinas, separadas por Núcleos e Eixos, está presente no Anexo A.

Figura 27 - Avaliação da grade curricular do curso de Engenharia Civil da UFRJ Macaé



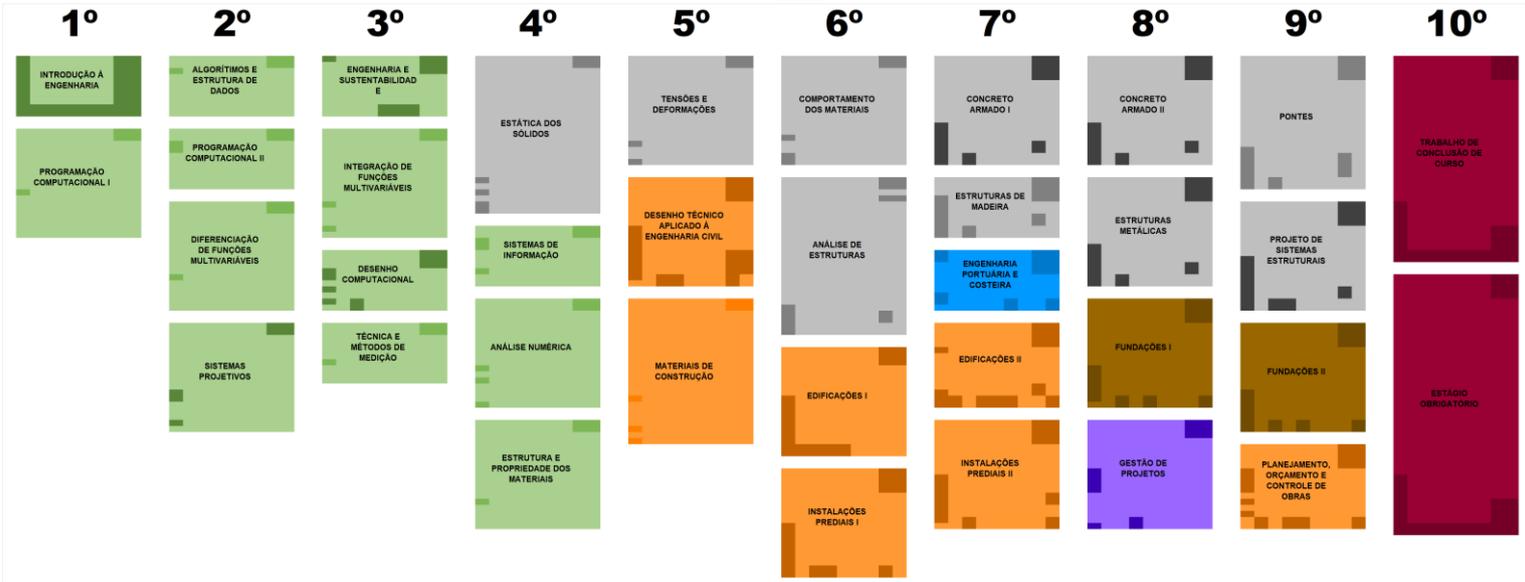
Fonte: O autor.

O Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) e Estágio Obrigatório, responsáveis pela integralização do 10º período, apesar de não possuírem diretrizes e ementas específicas, podem ter todos os aspectos relativos ao BIM trabalhados em suas atividades. Cabe ao discente e ao seu orientador pedagógico definirem qual linha de pesquisa pretendem abordar.

Após a análise completa da grade curricular, foram realizadas manipulações com a intenção de identificar quantitativa e qualitativamente as disciplinas que tem uma interação com o BIM.

Inicialmente, foram retirados todos os componentes curriculares que não possuem interface com o paradigma BIM (categoria (a), opção 1), permanecendo somente com aqueles que podem trabalhar algum conceito, a depender do foco dado pelo professor ou que possui interface clara com o BIM (categoria (a), opções 2 e 3) (Figura 28). Para obter uma representação mais limpa, as linhas que delimitam as caixas foram ocultadas, permanecendo apenas com a gradação de cores.

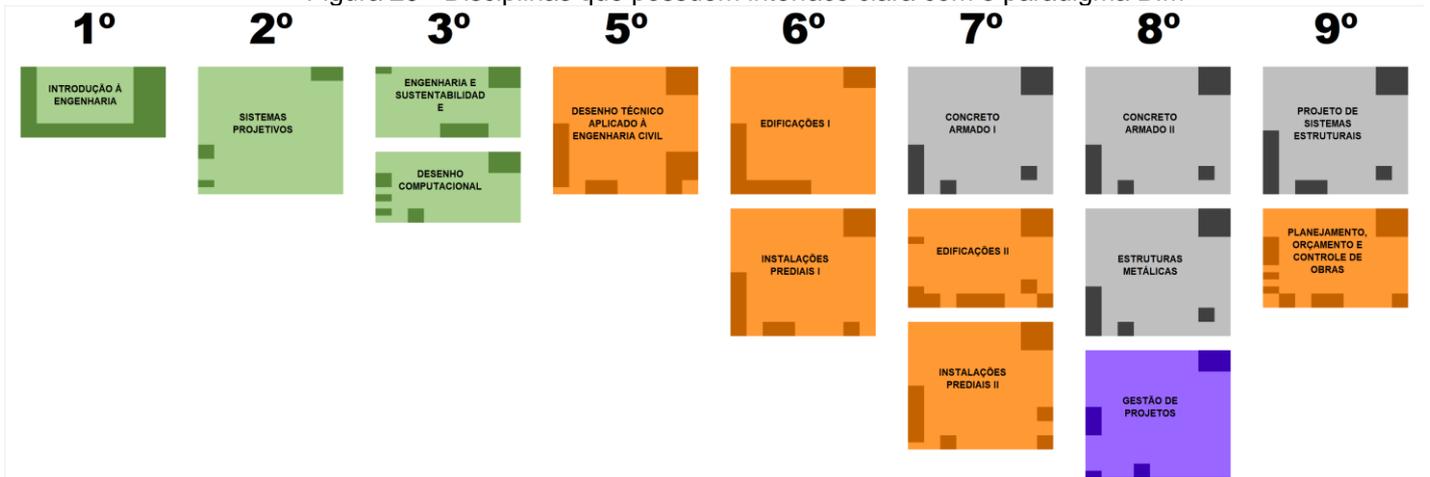
Figura 28 - Disciplinas em que foi identificada ao menos um tópico que há interface com o paradigma BIM



Fonte: O autor.

Em seguida, foram mantidas somente as disciplinas nas quais se encontrou uma interface clara com o paradigma BIM (categoria (a), opção 3, cor escura) (Figura 29).

Figura 29 - Disciplinas que possuem interface clara com o paradigma BIM



Fonte: O autor.

Com as análises efetuadas e as grades pintadas, foi possível gerar o Quadro 8, que mostra quantitativamente em colunas, as disciplinas em que o paradigma pode ser trabalhado: a primeira mostra a matriz original do curso; a segunda quais as disciplinas que podem trabalhar ao menos 1 aspecto BIM (categoria (a), opções 2 e 3), e; a terceira que mostra somente as disciplinas que possuem interface clara com o paradigma BIM (categoria (a), opção 3).

Quadro 8 - Número de disciplinas separadas por Eixos Temáticos que possuem interface com o paradigma BIM

Núcleo de Conteúdos	Matriz Original		Rel. possível ou clara com BIM		Relação clara com BIM	
	N. Disc.	CH (h)	N. Disc.	CH (h)	N. Disc.	CH (h)
Núcleo Básico	27	1335	13	570	4	150
Sistemas Estruturais	10	645	10	645	4	240
Sistemas Hidrológicos e de Saneamento	5	240	1	30	-	-
Sistemas Geomecânicos	5	345	2	120	-	-
Sistemas de Construção Civil	8	495	7	420	6	330
Sistemas de Transporte e Logística	3	150	-	-	-	-
Grupo Engenharias	3	180	1	60	1	60

Fonte: O autor.

Com a representação gráfica das grades e os dados expostos no Quadro 8, são possíveis algumas constatações sobre a inserção do paradigma BIM no curso de Engenharia Civil da UFRJ Macaé:

- 1) É possível inserir o paradigma BIM logo no primeiro período do Núcleo de Conteúdos Básicos, trabalhando conceitos que envolvem a colaboração, a parte de programação e informática que rondam a utilização dos *softwares*, além da introdução à modelagem BIM;
- 2) 3 disciplinas (“Introdução à Engenharia”, “Sistemas Projetivos”, “Engenharia e Sustentabilidade” e “Desenho Computacional”) mostram que é possível tratar de assuntos que permeiam o BIM de forma clara já nos períodos iniciais do curso;
- 3) É importante ressaltar a disciplina “Introdução à Engenharia”, que é a única da grade curricular em que é possível permear por todos os conceitos que regem o paradigma BIM. O fato de ser uma disciplina com uma baixa carga horária e

estar presente no 1º período de integração curricular, pode dificultar a absorção por parte dos alunos sobre todas as vantagens que o BIM pode proporcionar. Além disso, se trata de uma disciplina que é lecionada em conjunto com todos os alunos que adentram o curso de Engenharia da UFRJ Macaé (Civil, Mecânica e Produção);

- 4) Mais da metade das disciplinas que compõem o Núcleo de Conteúdos Profissionalizantes podem trabalhar os aspectos BIM, permeando sobre diversos conceitos, etapas e projetos;
- 5) Vale ressaltar que a única disciplina na qual foi encontrada relação com a etapa de demolição e requalificação da edificação, foi “Engenharia e Sustentabilidade”, mostrando que esse é um aspecto pouco abordado na grade curricular;
- 6) A etapa do uso (operação e manutenção) pode ser abordada na disciplina “Edificações II”, ao introduzir o tema de patologias da construção (ciclo de vida, vida útil, manutenção preventiva, etc), e também na disciplina de “Engenharia Portuária e Costeira”, sob o enfoque da operação de portos;
- 7) Todas as disciplinas do Eixo de Sistemas Estruturais possuem ao menos uma interface com o paradigma BIM, nas quais é possível trabalhar todos os seus conceitos, podendo passar pelas etapas de projeção, planejamento e construção. Vale ressaltar que este é o Eixo do Ciclo de Profissionalização com a maior carga horária da grade;
- 8) O Eixo dos Sistemas de Construção Civil é o que possui mais disciplinas e maior carga horária com interface clara com o paradigma BIM. Todos os conceitos estão contemplados nessas, mostrando que o BIM pode ter uma contribuição importante no desenvolvimento de profissionais com uma visão ampla sobre os processos que envolvem sua atuação;
- 9) A disciplina “Desenho Técnico Aplicado à Engenharia Civil” deve ser a responsável por discutir e apresentar as funcionalidades de um *software* específico BIM, proporcionando ao aluno o desenvolvimento dos diversos tipos de projeto;

- 10) É possível trabalhar todas as disciplinas de projeto BIM nas disciplinas já existentes na grade;
- 11) Em termos numéricos e percentuais, as horas de disciplinas com interface clara com o BIM (780 horas) representam 23% da carga horária total de disciplinas obrigatórias (3390 horas). E 30,6% (630 horas) dos Ciclos Profissionalizante e Específico (2055 horas).

5.2.2 Considerações sobre a análise da grade curricular

Como observado por grande parte dos professores que responderam ao formulário, as novas tecnologias representam um importante avanço nos setores de Engenharia. O advento da 4ª Revolução Industrial traz consigo uma urgência por mão de obra especializada e com um olhar moderno sobre processos e técnicas que auxiliem na Construção Civil, prezando por melhores projetos, que otimizem tempo, reduzam erros e custos desnecessários.

A migração para o ambiente digital recai sobre a convergência entre os sistemas físicos, informacionais e biológicos, gerando uma integração que possibilita uma visão macro de todos os processos que envolvem as atividades do Engenheiro Civil. O BIM tem um papel importante nessa tendência, pois ao trabalhar sobre o modelo, fornece informações sobre todas as etapas do ciclo de vida da edificação.

Muitos professores se mostram aptos a desenvolver seus conhecimentos sobre essa nova filosofia de projetos e processos. Porém algumas dificuldades, como a falta de profissionais com amplo conhecimento sobre os conceitos e ferramentas BIM compondo o corpo docente, são encontradas como empecilho na introdução do tema na grade curricular. Além disso, a necessidade de um projeto pedagógico que oriente a respeito do uso de novas tecnologias e técnicas é vista como um fator importante.

O professor Menegotto (2020), atenta em suas observações que o BIM não deve ser visto como um acelerador de conhecimentos ou uma solução para os problemas de aprendizado dos alunos. Porém contribui para uma melhor compreensão dos problemas estudados. Segundo o professor, o processo algorítmico que rondam as ferramentas BIM também deve ser estudado, pois a simples utilização de *softwares* pode desacelerar os processos mentais e reflexivos caso não haja um

embasamento teórico anterior à prática. Saber lidar com esses sistemas é uma necessidade profissional, devendo ser aprendida e dominada pelo futuro engenheiro.

É importante ressaltar que o conhecimento em programação e formulação de estruturas de dados relacionais deve ter um enfoque na grade curricular. Pois apesar do BIM ser uma filosofia que aborda as relações interpessoais e de processos, o uso ferramental tem uma alta importância em sua aplicabilidade. Desta forma, deve ser feito um complemento dos conhecimentos que permita ir a fundo nas questões relacionadas ao domínio das estruturas de informação.

O uso de tecnologias exige uma constante mudança nas formas de trabalho e capacitação profissional, e assim como aconteceu com o CAD, o BIM representa uma ruptura tecnológica no meio. Fazer uma reformulação da grade curricular centrada sobre o paradigma BIM pode não ser ideal, uma vez que, ao surgir uma nova tecnologia associada, tende a ficar obsoleta. Esse deve ser utilizado como um meio para uma visão mais moderna e tecnológica sobre a construção civil.

Uma sugestão para auxiliar no processo de ensino das ferramentas BIM, é a utilização de plataformas *online* e de materiais digitais, como manuais em texto, vídeos tutoriais, suporte às dúvidas por e-mail, entre outros meios. Esse processo permite que o aprendizado das ferramentas seja extraclasse, fazendo que os horários presenciais das aulas sirvam para desenvolver os projetos e sanar questões mais complexas sobre o paradigma BIM.

O BIM é um importante precursor no entendimento de processos maiores como estabilidade, estética, gerenciamento, materiais, inserção do ser humano, modelagem, cuidados com o meio ambiente, entre outros.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve o intuito de mostrar as funcionalidades, ganhos em processos e melhorias gerais que o BIM pode acrescentar à indústria da Construção Civil. Como observado, sua adoção está se tornando cada vez mais necessária devido às demandas tecnológicas que conferem maior qualidade nos documentos gerados e na qualidade final da edificação.

Ao observar o panorama global a respeito de como BIM é adotado pela indústria, o Brasil demonstra certo atraso ao difundir seus conceitos. Porém, com os decretos publicados a partir de 2017, mostra que esforços estão sendo feitos para que sua implementação a nível nacional seja mais difundida e efetiva.

A adoção do BIM nos currículos dos cursos de Engenharia e Arquitetura tem um papel importante para que a difusão dos conceitos e funcionalidades sejam bem compreendidas pelos novos profissionais que irão adentrar o mercado de trabalho. Porém, como qualquer nova tecnologia, encontrará barreiras e dificuldades na sua adoção.

É importante comentar que um currículo balizado somente em ferramentas BIM tende a se tornar ultrapassado, devido ao rápido avanço tecnológico decorrente da quarta revolução industrial. Porém, seus conceitos e, principalmente, a visão sistêmica de todos os processos e relações que podem acontecer dentro de uma construção, podem formar profissionais capazes de formular soluções de maneira mais rápida e eficaz. Desta forma, é possível concluir que a adoção do BIM, mesmo que de forma superficial, é fundamental na formação do Engenheiro Civil.

A fim de gerar melhores resultados para definir a forma que o BIM deve ser abordado na grade curricular de Engenharia da UFRJ Macaé, devem ser realizados estudos direcionados aos professores de cada Eixo Temático, entendendo suas demandas, dificuldades e possíveis oportunidades ao adotar o BIM. Trabalhos acadêmicos com enfoque no BIM também podem ser realizados por outros alunos, a fim de salientar a importância de sua adoção e fomentar incentivos públicos e privados em novos laboratórios de informática e infraestrutura.

Por fim, este trabalho trouxe um diagnóstico inicial de como a grade curricular do curso de Engenharia Civil da UFRJ Macaé tem interface com os conceitos, etapas

do ciclo de vida e projetos que podem ser trabalhados em BIM. É possível observar algumas lacunas no ensino, além da opinião e conhecimento do corpo docente a respeito do BIM. A partir dos resultados gerados, é viável a análise da grade curricular, perante o paradigma BIM, por uma comissão que seja capaz de traçar estratégias que promovam mudanças na forma que a multidisciplinaridade e o trabalho colaborativo proporcionados pelo BIM, façam parte da formação dos seus alunos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Plataforma BIM BR**. 2018. Disponível em: <https://plataformabimbr.abdi.com.br/bimBr/#/>. Acesso em: 13 jul. 2020.

AGC - THE ASSOCIATED GENERAL CONTRACTORS OF AMERICA. **LEVEL OF DEVELOPMENT (LOD) SPECIFICATION PART I & COMMENTARY**: For Building Information Models and Data, abr. 2019. Disponível em: <https://bimforum.agc.org/lod/>. Acesso em: 7 jul. 2020.

AGUILAR-MOLINA, M. L.; AZEVEDO JUNIOR, W. O Ensino/Aprendizado do BIM no curso de Engenharia Civil da UFJF. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 7. 2015, Recife. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2015

AISH, R. Building modelling: the key to integrated construction CAD. In: **International Symposium on the Use of Computer for Environmental Engineering Related to Buildings**, 5, Guildhall, Bath, 1986.

AVILA, A. V. A Legislação Aplicada no Ensino da Engenharia. In: XXVIII COBENGE - Congresso Brasileiro do Ensino de Engenharia, 2000, Ouro Preto - MG. **Anais...** 2000. v. 1.

BARISON, M. B. **Introdução de Modelagem da Informação da Construção (BIM) no currículo**: uma contribuição para a formação do projetista. 2015. 390 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

BARISON, M. B.; SANTOS, E. T. Ensino de BIM: tendências atuais no cenário Internacional. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 6, n. 2, p. 67-80, dez. 2011.

BARREIRA, W. Era da informação: Tudo ao mesmo tempo agora. **Superinteressante**, São Paulo, ed. 84, ago. 1994. Disponível em: <https://super.abril.com.br/tecnologia/era-da-informacao-tudo-ao-mesmo-tempo-ago/>. Acesso em: 5 ago. 2020.

BASTO, P. E. de A.; LORDSLEEM JUNIOR, A. C. O ensino de BIM em curso de graduação em engenharia civil em uma universidade dos EUA: estudo de caso. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 16, n. 4, p. 45-61, out./dez. 2016.

BRASIL. **Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019**. Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling. Brasília: Diário Oficial da União, 22 ago. 2019. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/D9983.htm. Acesso em: 30 mar. 2020.

BRASIL. **Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020**. Estabelece a utilização do Building Information Modelling na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal. Brasília: Diário Oficial da União, 2 abr. 2020. Disponível em:

<https://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/828077751/decreto-10306-20>. Acesso em: 5 ago. 2020.

BRASIL. **Decreto nº 23.569, de 11 de dezembro de 1933**. Regula o exercício das profissões de engenheiro, de arquiteto e de agrimensor. Rio de Janeiro, 11 dez. 1933. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1930-1949/D23569.htm. Acesso em: 15 mai. 2020.

BRASIL. **Lei nº 5.194, de 24 de dezembro de 1966**. Regula o exercício das profissões de Engenheiro, Arquiteto e Engenheiro-Agrônomo, e dá outras providências. Brasília, 24 dez. 1966. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L5194.htm. Acesso em: 15 maio 2020.

BRASIL. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, 20 dez. 1996. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm. Acesso em: 15 maio 2020.

BRASIL. **Lei nº 12.378, de 31 de dezembro de 2010**. Regulamenta o exercício da Arquitetura e Urbanismo; cria o Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil - CAU/BR e os Conselhos de Arquitetura e Urbanismo dos Estados e do Distrito Federal - CAUs; e dá outras providências. Brasília, 31 dez. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12378.htm. Acesso em: 15 maio 2020.

BRITOS ENGENHARIA. **A História da Engenharia Civil no Brasil e no Mundo**. 2018. Disponível em: <http://britosengenharia.com.br/todosartigos/a-historia-da-engenharia-civil-no-brasil-e-no-mundo/>. Acesso em: 01 maio 2020.

BSI - THE BRITISH STANDARDS INSTITUTION. 2019. **Introducing the new international standard for BIM, ISO 19650**: Embedding digital innovation and accelerating global adoption, 2019. Disponível em: <https://www.bsigroup.com/globalassets/localfiles/en-gb/built-environment/bsi-bim-iso-19650-brochure-final022019.pdf>. Acesso em: 7 jul. 2020.

BUILDIN. **TUDO SOBRE A ENGENHARIA CIVIL**. 20[-]. Disponível em: <https://www.buildin.com.br/engenharia-civil/>. Acesso em: 01 maio 2020.

BUILDINGSMART. [20-]. Disponível em: <https://www.buildingsmart.org/>. Acesso em: 7 jul. 2020.

CATELANI, W. **BIM Fórum Brasil**. São Paulo: CBIC, 2019. 82 slides, color. Disponível em: <https://www.makebim.com/2019/11/29/conheca-a-estrategia-do-bim-forum-brasil/>. Acesso em: 12 jun. 2020.

CATELANI, W. S.; SANTOS, E. T. Normas brasileiras sobre BIM. **Concreto & Construções**, São Paulo, v. 44, n. 84, p. 54-59, 2016.

CAVALCANTI, V. Y. S. de L.; SOUZA, G. H. de; SODRÉ, M. A. C.; ABREU, M. S. D. de; MACIEL, T. da S.; SILVA, J. M. de A.. INDÚSTRIA 4.0: desafios e perspectivas na construção civil. **Revista Campo do Saber**, Cabedelo/pb, v. 4, n. 4, p. 146-158, ago. 2018.

CBIC – CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Fundamentos BIM – Parte 1:** Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras. Brasília: CBIC, 2016a. 124 p.

_____. **Colaboração e integração BIM – Parte 3:** Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras. Brasília: CBIC, 2016b. 132 p.

_____. **Formas de contratação BIM – Parte 5:** Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras. Brasília: CBIC, 2016c. 104 p.

CHECCUCCI, E de S. **ENSINO-APRENDIZAGEM DE BIM NOS CURSOS DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E O PAPEL DA EXPRESSÃO GRÁFICA NESTE CONTEXTO.** Salvador, 2014. 235 f. Tese (Doutorado Multi-institucional e Multidisciplinar em Difusão do Conhecimento) – Faculdade de Educação da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

CHECCUCCI, E. de S.; AMORIM, A. L. de. Método para análise de componentes curriculares: identificando interfaces entre um curso de graduação e BIM. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, v. 5, n. 1, p. 6-17, jan./jun. 2014

CONFEA. **Resolução nº 218, de 29 de junho de 1973.** Discrimina atividades das diferentes modalidades profissionais da Engenharia, Arquitetura e Agronomia. Rio de Janeiro, 31 jul. 1973. Disponível em: <http://normativos.confea.org.br/ementas/visualiza.asp?idEmenta=266>. Acesso em: 15 maio 2020.

CONFEA. **Resolução nº 1.048, de 14 de agosto de 2013.** Consolida as áreas de atuação, as atribuições e as atividades profissionais relacionadas nas leis, nos decretos-lei e nos decretos que regulamentam as profissões de nível superior abrangidas pelo Sistema Confea/Crea. Brasília, 14 ago. 2013. Disponível em: <http://normativos.confea.org.br/ementas/visualiza.asp?idEmenta=52470>. Acesso em: 15 maio 2020.

CORDEIRO, J. S.; ALMEIDA, N. N.; BORGES, M. N.; DUTRA, S. C.; VALINOTE, O. L.; PRAVIA, Z. M. C. UM FUTURO PARA A EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA NO BRASIL: desafios e oportunidades. **Revista de Ensino de Engenharia**, Brasília, v. 27, n. 3, p. 69-82, 2008. Edição Especial.

CSI - CONSTRUCTION SPECIFICATIONS INSTITUTE. **ABOUT OMNICLASS™**, [S. l.], [20-]. Disponível em: <https://www.csiresources.org/standards/omniclass/standards-omniclass-about>. Acesso em: 7 jul. 2020.

EASTMAN, C. M. The Use of Computers Instead of Drawings in Building Design. **Journal of the American Institute of Architects**, p. 46-50, mar. 1975.

EASTMAN, C. ISO 12006-2 AND IFC: prerequisites for coordination of standards for classification and interoperability. **ITcon**, Lund, v. 10, p. 275-289, out. 2005.

EASTMAN, C., TEICHOLZ, P., SACKS, R., LISTON, K. **Manual de Bim: Uma Guia de Modelagem da Informação da Construção para Arquitetos, Engenheiros, Construtores e Incorporadores.** 1ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.

ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA. **John Smeaton**: british engineer. British engineer. Disponível em: <https://www.britannica.com/biography/John-Smeaton>. Acesso em: 01 maio 2020.

ENEBIM. **I ENCONTRO NACIONAL SOBRE O ENSINO DE BIM.** 2018. Disponível em: <https://www.antaceventos.net.br/index.php/enebim/2018>. Acesso em: 30 jun. 2020.

FERRACANE, M. F. Manufacturing the future: Industry 4.0. In: **ECIPE - European Centre for International Political Economy**, jun. 2015. Disponível em: <https://ecipe.org/blog/manufacturing-the-future/> Acesso em: 25 abr. 2020.

FRAUSTO-ROBLEDO, A. **INSIDER**: How JPW is using Bentley's OpenBuildings Designer GenerativeComponents to Push the Edge of Practice with Technology. [S. l.], 23 mar. 2020. Disponível em: <https://architosh.com/2020/03/how-jpw-is-using-bentleys-openbuildings-designer-generativecomponents-to-push-the-edge-of-practice-with-technology/>. Acesso em: 6 jul. 2020

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (org.). **Métodos de Pesquisa.** Porto Alegre: Ufrgs, 2009. 120 p.

INSTITUTO DE ENGENHARIA. **Como surgiu a Engenharia?** 2019. Disponível em: <https://www.institutodeengenharia.org.br/site/2019/03/29/como-surgiu-a-engenharia/>.

Acesso em: 01 maio 2020.

KAPOGIANNIS, G.; GATERELL, M.; OULASOGLU, E. Identifying Uncertainties Toward Sustainable Projects. **Procedia Engineering**, [S. l.], v. 118, p. 1077-1085, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815022067>. Acesso em: 7 jul. 2020.

KNOPP, L. T.; FERREIRA, P. G.; COSTA, B. B. F. da. APRENDIZADOS NO ENSINO DE BIM EM UMA UNIVERSIDADE PÚBLICA DE INTERIOR. **A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Civil**, [S. l.], p. 1-12, 13 jan. 2019. Atena Editora. <http://dx.doi.org/10.22533/at.ed.0592013011>.

LEAL, B. M. F. **PROPOSTAS PARA O ENSINO DOS CONTEÚDOS DE ARQUITETURA E URBANISMO ATRAVÉS DE FERRAMENTAS DIGITAIS.** 2018. 174 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura, Proarq, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

MAINARDI NETO, A. I. de B. **Verificação de regras para aprovação de projetos de arquitetura em BIM para estações de metrô.** 2016. 124 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

MAKEBIM. **ARCHICAD 21** - parte 1. [S. l.], 6 set. 2017. Disponível em: <https://www.makebim.com/2017/09/06/archicad-21-parte-1/>. Acesso em: 6 jul. 2020.

McAULEY, B.; HORE, A.; WEST, R. **BICP Global BIM Study: lessons for ireland's bim programme**. Dublin: Construction It Alliance (Cita), 2017. 57 p.

McGRAW HILL CONSTRUCTION. **The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets: How contractors around the world are driving innovations with Building Information Modelling**. Smart MarketReport, 2014.

MDIC - MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS. **Estratégia BIM BR**. Brasília, 2018. Disponível em: http://www.mdic.gov.br/images/REPOSITORIO/sdci/CGMO/Livreto_Estrat%C3%A9gia_BIM_BR_vers%C3%A3o_site_MDIC.pdf. Acesso em: 30 abr. 2020.

MEC/CNE/CES. **Resolução nº 9.394, de 24 de abril de 2019**. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Brasília, 26 abr. 2019. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=112681-rces002-19&category_slug=abril-2019-pdf&Itemid=30192. Acesso em: 15 mai. 2020.

MENEGOTTO, J. L.. **BIM - Modelo Digital da Edificação: uma introdução**. Rio de Janeiro: Escola Politécnica Universidade Federal de Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: https://f0a9eb33-2daa-472b-bcd4-0a4cb46cb774.filesusr.com/ugd/b42c11_9e7d240f2cd3460bad42f7f10519655f.pdf. Acesso em: 13 jun. 2020.

MENEGOTTO, J. L.. **Entrevista para TCC sobre BIM**. [mensagem pessoal] Mensagem recebida por: <pgf.ufrij@gmail.com>. em: 21 jul. 2020.

MELLO, R. BIM e Custos: maximize os dados do modelo com o Navisworks e o Quantity Takeoff. **Autodesk University Brasil**, 2012. Disponível em: http://damassets.autodesk.net/content/dam/au/Brasil-2014/documents/materialapoio/2012/AUBR-44_Apostila.pdf. Acesso em: 19 abr. 2020.

NOVO, B. N.. Leis de diretrizes e bases da educação comentários. **Boletim Jurídico**. Uberaba/MG. jan. 2019. Disponível em: <https://www.boletimjuridico.com.br/artigos/cronicas/4300/leis-diretrizes-bases-educacao-comentarios>. Acesso em: 06 maio 2020.

PETERSON, F.; HARTMANN, T.; FRUCHTER, R.; FISCHER, M. Teaching construction project management with BIM support: Experience and lessons learned. **Automation in Construction**, [S. l.], v. 20, n. 2, p. 115-125, mar. 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092658051000138X?via%3DiHub>. Acesso em: 6 jul. 2020

PIOVEZAN JÚNIOR, G. T. A.. **AVALIAÇÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC) GERADOS NO MUNICÍPIO DE SANTA MARIA**. 2007. 76 f.

Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal de Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

ROMANO, F. V. **REPENSANDO A ENGENHARIA CIVIL PARA O SÉCULO XXI**. Florianópolis: Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, PPGE/UFSC, 1999. 9 p.

RUSCHEL, R. C.; ANDRADE, M. L. V. X. de; MORAIS, M. de. O ensino de BIM no Brasil: onde estamos? **Ambiente Construído**. Porto Alegre, 2013, n. 2, p. 151-165.

RUSCHEL, R. C. To BIM or not to BIM? In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO, 3., 2014, São Paulo. **Anais...** São Paulo - Campinas: UPM-PUCCAMP, 2014.

RUSCHEL, R. C.; CUPERSCHMID, A. R. M. BIM como expressão atual da inovação no ensino. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO, 5., 2018, Salvador. **Anais...** São Paulo - Campinas: UPM-PUCCAMP, 2018.

SACKS, R.; EASTMAN, C.; LEE, G.; TEICHOLZ, P. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers**. 3. ed. Hoboken, New Jersey: Wiley, 2018.

SALGADO, M. S. BIM no ensino ou ensino do BIM? Discutindo estratégias para a disseminação da plataforma. In: I ENCONTRO NACIONAL SOBRE O ENSINO DE BIM, 2018, Brasil. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018. Disponível em: <https://www.antaceventos.net.br/index.php/enebim/2018/paper/view/81>. Acesso em: 20 jun. 2020.

SALGADO, M. S. Ensino de arquitetura, engenharia e tecnologias digitais: relato das experiências compartilhadas durante o ENEBIM. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 2., 2019, Campinas. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2019. Disponível em: <https://www.antaceventos.net.br/index.php/sbtic/sbtic2019/paper/view/146>. Acesso em: 20 jun. 2020.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2016. 176 p. Disponível em: https://issuu.com/j00kun/docs/klaus_schwab_-_a_quarta_revolu__o_i. Acesso em: 10 ago. 2020.

SUCCAR, B. Building Information Modelling Framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, [S. l.], v. 18, n. 3, p. 357-375, 2009.

VAN NEDERVEEN, R. G. A.; TOLMAN, F. P. Modelling multiple views on buildings. **Automation in Construction**, [S. l.], v. 1, n. 3, p. 215-224, 1992.

WONG, K. A.; WONG, K. F.; NADEEM, A. Building information modelling for tertiary construction education in Hong Kong. **ITcon**, [S. l.], v. 16, p. 469-476, 2011. Disponível em: <https://www.itcon.org/paper/2011/27>. Acesso em: 6 jul. 2020.

ANEXOS

ANEXO A – AVALIAÇÃO DA GRADE CURRICULAR DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UFRJ MACAÉ

CICLO DE CONTEÚDOS BÁSICOS

Informação e Comunicação

Introdução à Engenharia

Carga horária Teórica: 30 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 2

Período: 1º

Código: MCG110

EMENTA: Engenharia: história; papel social. Formação: atributos, ética. Campos de atuação. Ciência e Pesquisa. Tecnologia e Técnica. Cultura e Ambiente. Qualidade. Estudo e aprendizado. Pesquisa: descoberta e invenção. Modelos. Propriedade intelectual. Simulação, projeto e manufatura assistidos por computador. Projeto: metodologia; estudos preliminares; soluções alternativas; viabilidade; decisão. Projeto básico: unidades; dimensionamento; normas; especificação. Projeto executivo. Execução. Gestão, prazos, custos. Relatórios técnicos; apresentação gráfica.

ANÁLISE: Possui interface clara com o paradigma. Por ser uma disciplina de introdução aos conceitos de Engenharia, pode tratar de todos os conceitos que permeiam o paradigma BIM, envolvendo todas as etapas do ciclo de vida da edificação e todos os tipos de projeto. Porém, vale salientar que a disciplina é comum às Engenharias Mecânica e de Produção, além da Engenharia Civil.

REPRESENTAÇÃO: Cor verde escuro (Núcleo de Conteúdos Básicos / Informação e Comunicação / categoria (a) opção 3). São preenchidos os espaços relativos à categoria (a); todos da categoria (b); todos da categoria (c); e todos da categoria (d).

Humanidades e Ciências do Ambiente

Engenharia e Sustentabilidade

Carga horária Teórica: 30 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 2

Período: 3º

Código: MCG232

EMENTA: Interação entre humanos e o ambiente natural. Balanço de massa e balanço de energia; mudança climática. Resíduos. Ação do homem sobre os ecossistemas terrestres - erosão, queimadas, desmatamentos, poluição do solo, práticas agrárias danosas, hídricos - poluição, eutrofização - e sobre a atmosfera. Reversão e ações mitigadoras; controle de poluição. Ciclos de vida e ciclos econômicos. Modelos e projeções: integração de conceitos e avaliação do impacto ambiental.

ANÁLISE: Possui interface clara como paradigma. Podem ser lidos textos sobre como o paradigma BIM pode contribuir para a redução dos desperdícios gerados na Construção Civil, mitigando os danos causado ao meio ambiente na construção, uso e demolição/requalificação e, conseqüentemente, contribuir para o desenvolvimento sustentável.

REPRESENTAÇÃO: Cor verde escuro (Núcleo de Conteúdos Básicos / Humanidades e Ciências do Ambiente / categoria (a) opção 3). São preenchidos os espaços relativos à categoria (a); à categoria (b) - ciclo de vida da edificação; e à categoria (c) – construção, uso e demolição/requalificação.

Física

Mecânica Clássica

Carga horária Teórica: 60 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 4

Período: 1º

Código: MCG112

EMENTA: Noção de espaço, noção de tempo. Noções de cálculo diferencial e integral. Cálculo vetorial. Cinemática da partícula. Força. Dinâmica das partículas. Leis de Newton. Trabalho, energia, momento linear, momento angular, conservação. Sistemas de partículas. Corpos rígidos: estática e dinâmica. Gravitação.

ANÁLISE: Não há interface com o paradigma.

REPRESENTAÇÃO: Cor branca (Núcleo de Conteúdos Básicos / Física / categoria (a) opção 1).

Física Experimental: Mecânica Clássica

Carga horária Teórica: 0 h

Carga horária prática: 30 h

Créditos: 1

Período: 1º

Código: MCG113

EMENTA: Medição e expressão de valores medidos. Introdução ao tratamento estatístico de dados. Erros. Representação gráfica. Cinemática e dinâmica da partícula. Energia. Momento Linear. Momento angular. Leis de conservação. Colisões. Corpo Rígido.

ANÁLISE: Não há interface com o paradigma.

REPRESENTAÇÃO: Cor branca (Núcleo de Conteúdos Básicos / Física / categoria (a) opção 1).

Fluidos – Ondas e Oscilações Mecânicas – Termodinâmica

Carga horária Teórica: 60 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 4

Período: 2º

Código: MCG125

EMENTA: Estatística dos fluidos. Viscosidade e dinâmica dos fluidos. Movimento oscilatório: harmônico simples, amortecido e forçado. Ondas mecânicas; interferência. Batimento; Ondas Estacionárias. Som. Termodinâmica: dilatação térmica; Calor; Leis da Termodinâmica; Equação de Estado; Transição de fase; Teoria Cinética dos Gases.

ANÁLISE: Não há interface com o paradigma.

REPRESENTAÇÃO: Cor branca (Núcleo de Conteúdos Básicos / Física / categoria (a) opção 1).

Física Experimental: Fluidos – Ondas e Oscilações Mecânicas – Termodinâmica

Carga horária Teórica: 0 h

Carga horária prática: 30 h

Créditos: 1

Período: 2º

Código: MCG124

EMENTA: Movimento oscilatório (harmônico): simples, amortecido e forçado; Pêndulos simples e composto. Ondas mecânicas: velocidade do som, cordas vibrantes. Fluidos: densidade de líquidos e sólidos; viscosidade. Termometria e

calorimetria: temperatura, capacidade calorífica; transição de fase. Conservação da energia.

ANÁLISE: Não há interface com o paradigma.

REPRESENTAÇÃO: Cor branca (Núcleo de Conteúdos Básicos / Física / categoria (a) opção 1).

Eletromagnetismo

Carga horária Teórica: 60 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 4

Período: 3º

Código: MCG231

EMENTA: Estrutura elétrica da matéria: carga elétrica, condutores e dielétricos. Lei de Coulomb. Campo elétrico, potencial elétrico e energia eletrostática. Lei de Gauss. Corrente elétrica, capacitores e circuitos. Campo magnético, leis de Ampère e Bio-Savart. Indutância, Lei de Faraday. Circuitos de corrente alternada. Ondas eletromagnéticas, equações de Maxwell.

ANÁLISE: Não há interface com o paradigma.

REPRESENTAÇÃO: Cor branca (Núcleo de Conteúdos Básicos / Física / categoria (a) opção 1).

Física Experimental: Eletromagnetismo

Carga horária Teórica: 0 h

Carga horária prática: 30 h

Créditos: 1

Período: 3º

Código: MCG233

EMENTA: Aparelhos de medidas elétricas. Elementos de circuito: resistores, capacitores e indutores. Circuitos de corrente contínua. Circuito RC. Leis de Ampere, Faraday e Lenz. Propriedades magnéticas da matéria, histerese. Tensões e correntes alternadas: circuito RLC, oscilações eletromagnéticas. Conservação da energia.

ANÁLISE: Não há interface com o paradigma.

REPRESENTAÇÃO: Cor branca (Núcleo de Conteúdos Básicos / Física / categoria (a) opção 1).

Ondas. Introdução à Relatividade e Física Quântica

Carga horária Teórica: 60 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 4

Período: 4º

Código: MCG240

EMENTA: Luz. Ondas eletromagnéticas. Interferência, difração, polarização. Noções da relatividade restrita. Física Moderna. Efeitos fotoelétrico e Compton. Átomo de hidrogênio. Difração de elétrons. Função de onda. Equação de Schrodinger. Princípio da incerteza.

ANÁLISE: Não há interface com o paradigma.

REPRESENTAÇÃO: Cor branca (Núcleo de Conteúdos Básicos / Física / categoria (a) opção 1).

Informática

Programação Computacional I

Carga horária Teórica: 60 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 4

Período: 1º

Código: MCG114

EMENTA: Componentes básicos do computador. Lógica da programação: linguagens de máquina, de montagem e de alto nível; linguagens de programação. Informação e dados. Compiladores; interpretadores. Codificação de números e caracteres. Sequências lógicas; instruções. Elementos de programação. Variáveis, algoritmos, estrutura de dados, controle de fluxo, ordenação, buscas. Predicados; valores booleanos. Listas, cadeias e tuplas. Arquivos. Programação estruturada; recursão. Programação orientada; objetos.

ANÁLISE: A depender do foco dado pelo professor, podem ser introduzidos conceitos sobre a lógica de programação em BIM na interoperabilidade.

REPRESENTAÇÃO: Cor verde claro (Núcleo de Conteúdos Básicos / Informática / categoria (a) opção 2). São preenchidos os espaços relativos à categoria (a); e à categoria (b) - interoperabilidade.

Algoritmos e Estrutura de Dados

Carga horária Teórica: 30 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 2

Período: 2º

Código: MCG121

EMENTA: Linguagens imperativas. Registros, conjuntos, apontadores e arquivos. Algoritmos de ordenação: noções básicas; eficiência. Estruturas de dados mais comuns: matrizes, listas, pilhas e árvores. Atualização, busca e ordenação em arquivos sequenciais e indexados. Técnicas de decomposição. Formas de representação. Recursão. Conjuntos: operações, representação por listas e por vetores característicos.

ANÁLISE: A depender do foco dado pelo professor, podem ser debatidos conceitos sobre a interoperabilidade entre diferentes *softwares* BIM.

REPRESENTAÇÃO: Cor verde claro (Núcleo de Conteúdos Básicos / Informática / categoria (a) opção 2). São preenchidos os espaços relativos à categoria (a); e à categoria (b) - interoperabilidade.

Programação Computacional II

Carga horária Teórica: 30 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 4

Período: 2º

Código: MCG126

EMENTA: Computadores e ambientes de programação. Algoritmos. A linguagem Pascal. Estrutura de um programa. Tipos de variáveis. Comandos de atribuição, entrada e saída. Operadores e expressões. Comandos condicionais e de repetição. Funções e procedimentos. Estruturas de dados em Pascal. Manipulação de caracteres e textos. Solução de problemas diversos em Pascal.

ANÁLISE: A depender do foco dado pelo professor, podem ser discutidos os conceitos de interoperabilidade BIM e coordenação da modelagem. É possível discutir sobre o ambiente de programação utilizados em *softwares* BIM, mostrando recursos que auxiliem nos processos de Engenharia.

REPRESENTAÇÃO: Cor verde claro (Núcleo de Conteúdos Básicos / Informática / categoria (a) opção 2). São preenchidos os espaços relativos à categoria (a); e à categoria (b) - interoperabilidade e coordenação do processo de modelagem.

Sistemas de Informação

Carga horária Teórica: 30 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 2

Período: 4º

Código: MCG241

EMENTA: Classificação; tipos de sistemas de informação. Desenvolvimento de sistemas, projeto de bancos de dados; modelo entidades-relacionamentos. Modelo relacional; normalização. Ambientes de desenvolvimento. Diagrama de fluxo de dados; dicionário de dados. Gestão de banco de dados relacionais. Aplicação de sistemas de informação na gerência de sistemas de produção.

ANÁLISE: A depender do foco dado pelo professor, podem ser discutidos conceitos BIM. A disciplina permite a gestão de banco de dados, que podem ser relacionados ao ambiente BIM, ensinando conceitos de interoperabilidade, coordenação da modelagem e semântica do modelo. Através de leituras e atividades práticas, os alunos têm a capacidade de adquirir conhecimento sobre diferentes *softwares* e como gerir os dados gerados por cada um

REPRESENTAÇÃO: Cor verde claro (Núcleo de Conteúdos Básicos / Informática / categoria (a) opção 2). São preenchidos os espaços relativos à categoria (a); e à categoria (b) - interoperabilidade, coordenação do processo de modelagem e semântica do modelo.

Matemática

Diferenciação e Integração de Funções Uni-variável

Carga horária Teórica: 90 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 6

Período: 2º

Código: MCG115

EMENTA: Funções; Limites; Continuidade; Cálculo e Aplicação das Derivadas; A Integral Definida; Técnicas de integração: Logaritmo e Exponencial; Aplicações de integrais definidas; Integral Imprópria.

ANÁLISE: Não possui interface com o paradigma BIM.

REPRESENTAÇÃO: Cor branca (Núcleo de Conteúdos Básicos / Matemática / categoria (a) opção 1).

Diferenciação de Funções Multivariáveis

Carga horária Teórica: 60 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 4

Período: 2º

Código: MCG123

EMENTA: Equações diferenciais ordinárias de primeira ordem e equações diferenciais ordinárias de segunda ordem com coeficientes constantes. Curvas e vetores no plano. Vetores no espaço tridimensional e geometria analítica sólida: retas e planos. Cilindros e superfícies de revolução, superfícies quadráticas. Regras de cadeia, curvas de nível. Derivadas direcionais e gradientes; plano tangente e reta normal e superfície; diferencial, superfície de nível. Máximos e mínimos e multiplicadores de Lagrange.

ANÁLISE: Pode ser introduzido o conceito BIM de modelagem geométrica tridimensional para representação de sólidos a partir de vetores.

REPRESENTAÇÃO: Cor verde claro (Núcleo de Conteúdos Básicos / Matemática / categoria (a) opção 2). São preenchidos os espaços relativos à categoria (a); e à categoria (b) - modelagem geométrica tridimensional.

Integração de Funções Multivariáveis

Carga horária Teórica: 60 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 4

Período: 3º

Código: MCG234

EMENTA: Definição de integrais duplas e integrais triplas. Jacobiano em R^2 e R^3 . Mudança de variável na integral dupla e na integral tripla. Integral de linha de plano: teorema de Green e campos conservativos. Parametrização de curvas no R^3 . Integral de linha no espaço. Integrais de superfície. Teorema de Gauss. Teorema de Stokes e independência de caminho.

ANÁLISE: Pode ser introduzido o conceito BIM de modelagem geométrica tridimensional, utilizando *software* para representação e visualização de modelos mais complexos.

REPRESENTAÇÃO: Cor verde claro (Núcleo de Conteúdos Básicos / Matemática / categoria (a) opção 2). São preenchidos os espaços relativos à categoria (a); e à categoria (b) - modelagem geométrica tridimensional e visualização do modelo.

Equações Diferenciais Parciais

Carga horária Teórica: 60 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 4

Período: 4º

Código: MCG242

EMENTA: Equações diferenciais lineares ordinárias de segunda ordem com coeficientes variáveis: soluções por série; ponto ordinário; ponto regular. Série de Fourier: oscilação; amortecimento; ressonância. Transformada de Laplace: convolução; função delta. Problemas de valor es de contorno e teoria de Sturm-Liouville. equações diferenciais parciais clássicas: onda; calor.

ANÁLISE: Não possui interface com o paradigma BIM.

REPRESENTAÇÃO: Cor branco (Núcleo de Conteúdos Básicos / Matemática / categoria (a) opção 1).

Sistemas de Equações Lineares e Não-lineares

Carga horária Teórica: 60 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 4

Período: 2º

Código: MCG120

EMENTA: Cálculo Vetorial. Matrizes; determinantes; álgebra matricial. Transformações Lineares. Ortogonalidade e mínimos quadrados. Autovalores e autovetores. Teorema espectral. Sistemas de equações lineares; eliminação gaussiana. Sistemas autônomos não lineares: ponto crítico; plano de fase. Equações diferenciais ordinárias. Aplicações.

ANÁLISE: Não possui interface com o paradigma BIM.

REPRESENTAÇÃO: Cor branco (Núcleo de Conteúdos Básicos / Matemática / categoria (a) opção 1).

Probabilidade e Estatística

Carga horária Teórica: 60 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 4

Período: 3º

Código: MCG236

EMENTA: A incerteza na Engenharia. Representação Estatística. Estatística Descritiva. Teoria da Probabilidade. Variáveis aleatórias. Vetores aleatórios. Estimação de parâmetros. Testes de hipóteses. Análise de Variância. Regressão Linear.

ANÁLISE: Não possui interface com o paradigma BIM.

REPRESENTAÇÃO: Cor branco (Núcleo de Conteúdos Básicos / Matemática / categoria (a) opção 1).

Análise Numérica

Carga horária Teórica: 60 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 4

Período: 4º

Código: MCG243

EMENTA: Erro, aproximação. Regressão estatística; ajuste de curvas. Zeros de funções; splines; interpolação. Métodos de solução de equação lineares e não-lineares; sistemas lineares; equações diferenciais ordinárias. equações parciais. Aplicações: mecânica dos sólidos; equação da difusão; mecânica dos fluidos, transferência de calor e massa.

ANÁLISE: A depender do foco dado pelo professor, podem ser trabalhados modelos computacionais envolvendo ferramentas e conceitos de computação BIM, como coordenação do processo de modelagem, parametrização, simulação e análise numérica.

REPRESENTAÇÃO: Cor verde claro (Núcleo de Conteúdos Básicos / Matemática / categoria (a) opção 2). São preenchidos os espaços relativos à categoria (a); à categoria (b) – coordenação do processo de modelagem, parametrização, simulação e análise numérica.

Química e Ciências dos Materiais

Química Geral

Carga horária Teórica: 60 h

Carga horária prática: 15 h

Créditos: 5

Período: 1º

Código: MCG116

EMENTA: Elementos e compostos: moléculas e mols; Estrutura atômica e tabela periódica; Ligação química: covalente, iônica e metálica; Forças intermoleculares; Líquidos e soluções; Sólidos moleculares, covalentes reticulados e metálicos; Propriedades gerais de metais, cerâmicas, polímeros, compósitos e biomateriais. Cinética e equilíbrio químico; Ácidos e bases; Reações de oxirredução.

ANÁLISE: Não existe interface com o paradigma BIM.

REPRESENTAÇÃO: Cor branco (Núcleo de Conteúdos Básicos / Química e Ciências dos Materiais / categoria (a) opção 1).

Estrutura e Propriedade dos Materiais

Carga horária Teórica: 60 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 4

Período: 5^o

Código: MCG353

EMENTA: Propriedades. Ligações químicas. Cristalinidade. Materiais amorfos. Direções e planos cristalinos. Polimorfismo. Desordem atômica. Cristais. Defeitos pontuais. Defeitos de linha. Contornos de grão e policristais. Difusão. Metais. Fases metálicas. Diagrama Fe-C. Propriedades e Tratamento térmico. Materiais metálicos, cerâmicos, poliméricos, compósitos. Corrosão. Soldagem.

ANÁLISE: A depender do foco dado pelo professor podem ser estudados conceitos sobre parametrização dos materiais.

REPRESENTAÇÃO: Cor verde claro (Núcleo de Conteúdos Básicos / Química e Ciências dos Materiais / categoria (a) opção 2). São preenchidos os espaços relativos à categoria (a); e à categoria (b) - parametrização.

Dimensão Física e Representação Gráfica

Sistemas Projetivos

Carga horária Teórica: 60 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 4

Período: 2^o

Código: MCG127

EMENTA: Sistemas de Projeções; Sistema de Monge, Métodos Descritivos. Seções Planas. Vistas Ortográficas: cortes; seções. Axonometria: perspectivas isométricas e oblíquas. Aplicações.

ANÁLISE: Possui interface clara com o paradigma BIM. Podem ser trabalhados conceitos de modelagem, envolvendo coordenação do processo de modelagem, modelagem geométrica tridimensional e visualização do modelo.

REPRESENTAÇÃO: Cor verde escuro (Núcleo de Conteúdos Básicos / Dimensão Física e Representação Gráfica / categoria (a) opção 3). São preenchidos os espaços relativos à categoria (a); à categoria (b) - coordenação do processo de modelagem, modelagem geométrica tridimensional e visualização do modelo.

Desenho Computacional

Carga horária Teórica: 30 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 2

Período: 3º

Código: MCG230

EMENTA: Sistemas de desenho por computador. Interface. Sistemas de Coordenadas. Organização de desenhos em camadas. Criação, modificação e visualização de modelos bi e tridimensionais. Normas técnicas. Representação gráfica de projetos. Aplicações.

ANÁLISE: Possui interface clara com o paradigma BIM. Podem ser trabalhados conceitos de modelagem, bem como projetos em sala de aula, introduzindo as ferramentas BIM. Aqui podem ser feitos comparativos entre *softwares* CAD e BIM, mostrando quais os ganhos em cada um.

REPRESENTAÇÃO: Cor verde escuro (Núcleo de Conteúdos Básicos / Dimensão Física e Representação Gráfica / categoria (a) opção 3). São preenchidos os espaços relativos à categoria (a); à categoria (b) - coordenação do processo de modelagem, modelagem geométrica tridimensional, orientação à objetos e visualização do modelo; à categoria (c) - projeção; e à categoria (d) - projetos em que podem ser trabalhadas diferentes forma e mostrar as funcionalidades do *software* escolhido.

Técnicas e Métodos de Medição

Carga horária Teórica: 0 h

Carga horária prática: 30 h

Créditos: 1

Período: 3º

Código: MCG237

EMENTA: Observação e medição de variáveis físicas: deslocamento; velocidade; aceleração; força; tensão; deformação; torque; fluxo mássico; temperatura; fluxo de calor. Princípios de transdução. Circuitos de medidas; sensores. Transformada de Fourier; ajuste a funções lineares e não lineares. Análise de incerteza; função de densidade de probabilidade, estatística. Identificação de sistemas. Experimentação auxiliada por computador. Relatos técnicos.

ANÁLISE: Podem ser lidos textos a respeito da acurácia da modelagem BIM com LOD 300 ou superior, em que os elementos são localizados com precisão no projeto.

REPRESENTAÇÃO: Cor verde claro (Núcleo de Conteúdos Básicos / Dimensão Física e Representação Gráfica / categoria (a) opção 2). São preenchidos os espaços relativos à categoria (a); à categoria (b) - orientação à objetos.

Sistemas de Conversão de Energia

Elétricos e Eletrônicos: Elementos de Circuitos

Carga horária Teórica: 60 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 4

Período: 4º

Código: MCG246

EMENTA: Visão geral sobre a Engenharia Elétrica, Tensão, Corrente, Potência e Energia. Elementos de Circuitos: Fontes de Tensão e Corrente, Lei de Ohm e Leis de Kirchoff. Circuitos Resistivos Simples, Medição de tensão e corrente, Ponte de Wheatstone. Técnicas de análise de circuitos: Método das tensões de nó e das correntes de malha, Equivalentes de Thévenin e Norton. O Amplificador Operacional: Inversor, Somador, Não Inversor, Diferencial. Indutância e Capacitância. Resposta de Circuitos RL e RC de Primeira Ordem, Amplificador Integrador. Análise do Regime Permanente Senoidal: Fontes senoidais, O Conceito de Fasor, O Transformador. Cálculo de Potência em Regime Permanente Senoidal. Circuitos Trifásicos Equilibrados. Cálculos de Potência em Circuitos Trifásicos.

ANÁLISE: Não possui interface com o paradigma BIM.

REPRESENTAÇÃO: Cor branco (Núcleo de Conteúdos Básicos / Sistemas de Conversão de Energia / categoria (a) opção 1).

Laboratório Circuitos Eletroeletrônicos

Carga horária Teórica: 0 h

Carga horária prática: 30 h

Créditos: 2

Período: 4º

Código: MCG247

EMENTA: Circuitos Retificadores de meia onda e de onda completa, Fonte Simétrica. Verificação prática das Leis de Kirchhoff. Verificação prática do equivalente de Thévenin. Resistores variáveis, Ponte de Wheatstone. Amplificadores Operacionais. Circuito RL e RC. Amplificador Integrador com o 741. Circuitos em Corrente Alternada. Efeito da Reatância Capacitiva. Circuitos RC em Corrente Alternada. Componentes Eletrônicos Especiais: O Circuito Integrado 555, Tiristores e Circuitos Retificadores Controlados.

ANÁLISE: Não possui interface com o paradigma BIM.

REPRESENTAÇÃO: Cor branco (Núcleo de Conteúdos Básicos / Sistemas de Conversão de Energia / categoria (a) opção 1).

CICLO DE ESPECIALIZAÇÕES

Sistemas Estruturais

Estática dos Sólidos

Carga horária Teórica: 90 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 6

Período: 4º

Código: MCG245

EMENTA: Estática: Redução de sistemas de forças, equilíbrio, estruturas, centro de massa e gravidade, centroides e atrito. Sistemas e elementos estruturais. Equações de equilíbrio da estática. Estruturas reticuladas, graus de liberdade e restrições. Estruturas isostáticas, hipostáticas e hiperestáticas. Instabilidade geométrica. Cargas e reações. Esforços internos, estado de tensão, força e momento. Trabalhos virtuais. Momento de inércia. Deformação e deslocamento. Sistemas equivalentes. Linhas de estado: hastes, vigas, pórticos, grelhas, arcos isostáticos e Vigas Gerber. Binários. Sistemas reticulados (treliças). Linhas de influência. Cabos flexíveis.

ANÁLISE: A depender do foco dado pelo professor, podem ser trabalhados conceitos BIM. Por se tratar de uma disciplina que abrange os 3 cursos de Engenharia da UFRJ Macaé, a introdução dos conceitos BIM deve ser feita com cautela e com o intuito de mostrar suas vantagens. É possível mostrar modelos virtuais para exemplificar os

tópicos abordados na disciplina, mostrando através de simulações computacionais os efeitos provocados por diferentes configurações estruturais.

REPRESENTAÇÃO: Cor cinza claro (Núcleo de Conteúdos Profissionalizantes / Eixo dos Sistemas Estruturais / categoria (a) opção 2). São preenchidos os espaços relativos à categoria (a); à categoria (b) – modelagem geométrica tridimensional, orientação à objetos, visualização do modelo e, simulação e análise do modelo.

Tensões e Deformações

Carga horária Teórica: 60 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 4

Período: 5º

Código: MCG355

EMENTA: Estado triplo de tensões, tensões principais e critérios de resistência. Compatibilidade geométrica. Equilíbrio, relações constitutivas e escoamento do material. Tração, compressão, cisalhamento e torção. Membranas. Relação momento-rotação. Superposição. Tensões na flexão em vigas. Vigas sob carregamento. Tensão de cisalhamento. Tensões combinadas. Círculo de Mohr. Resistência em estados multiaxiais de tensões. Tensões residuais. Esforços combinados. Deformações permanentes. Energia de deformação.

ANÁLISE: A depender do foco dado pelo professor, podem ser trabalhados conceitos BIM. Por se tratar de uma disciplina que abrange os cursos de Engenharia Civil e Engenharia Mecânica, a introdução dos conceitos BIM deve ser feita com cautela e com o intuito de mostrar suas vantagens. É possível mostrar modelos virtuais para exemplificar os tópicos abordados na disciplina, mostrando através de simulações computacionais os efeitos provocados por diferentes configurações estruturais.

REPRESENTAÇÃO: Cor cinza claro (Núcleo de Conteúdos Profissionalizantes / Eixo dos Sistemas Estruturais / categoria (a) opção 2). São preenchidos os espaços relativos à categoria (a); à categoria (b) - orientação à objetos e, simulação e análise do modelo.

Comportamento dos Materiais

Carga horária Teórica: 60 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 4

Período: 6º

Código: MCG361

EMENTA: Deslocamentos em flexão. Relação momento curvatura. Técnicas de superposição. Efeitos térmicos. Flexão oblíqua. Flexão composta. Flambagem de colunas. Condições de estabilidade. Plasticidade. Flexão inelástica. Introdução ao estado triplo de tensões. Critérios de resistência baseados na energia de deformação. Fadiga. Fratura. Ruptura. Propagação de trincas de fadiga. Tenacidade à fratura. Comportamento a altas temperaturas. Torção de seções não circulares. Torção plástica. Flexão assimétrica.

ANÁLISE: A depender do foco dado pelo professor, podem ser trabalhados conceitos BIM. Por se tratar de uma disciplina que abrange os cursos de Engenharia Civil e Engenharia Mecânica, a introdução dos conceitos BIM deve ser feita com cautela e com o intuito de mostrar suas vantagens. É possível mostrar modelos virtuais para exemplificar os tópicos abordados na disciplina, mostrando através de simulações computacionais os efeitos provocados por diferentes configurações estruturais.

REPRESENTAÇÃO: Cor cinza claro (Núcleo de Conteúdos Profissionalizantes / Eixo dos Sistemas Estruturais / categoria (a) opção 2). São preenchidos os espaços relativos à categoria (a); à categoria (b) – parametrização, visualização do modelo e, simulação e análise numérica.

Análise das Estruturas

Carga horária Teórica: 90 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 6

Período: 6º

Código: MCG362

EMENTA: Concepção estrutural. Modelos estruturais, equilíbrio e compatibilidade. Simetria e antissimetria. Princípio dos trabalhos virtuais e princípio da carga unitária. Superposição dos efeitos, comportamento linear. Deslocamento em estruturas hiperestáticas. Método das forças. Equações de compatibilidade de deslocamentos. Influência dos esforços normal e cortante. Recalque de apoio, efeitos de temperatura e de deformação imposta. Álgebra matricial. Método dos deslocamentos. Distribuição de momentos. Cargas móveis em estruturas isostáticas e hiperestáticas: linhas de influência e envoltória de esforços. Método de Cross. Vigas contínuas, pórticos planos, treliças e grelhas. Programas computacionais para análise estrutural.

ANÁLISE: A depender do foco dado pelo professor pode existir uma interface entre a disciplina e o paradigma BIM no que se refere a simulações e análises sobre os elementos estruturais observados em cada caso, além de projetos das estruturas em software BIM.

REPRESENTAÇÃO: Cor cinza claro (Núcleo de Conteúdos Profissionalizantes / Eixo dos Sistemas Estruturais / categoria (a) opção 2). São preenchidos os espaços

relativos à categoria (a); à categoria (b) - parametrização, orientação à objetos, semântica do modelo, visualização do modelo e, simulação e análise numérica.; e à categoria (d/2) - projeto de estruturas.

Concreto Armado I

Carga horária Teórica: 60 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 4

Período: 7º

Código: MCG400

EMENTA: Propriedades do concreto e do aço; aderência. Relações constitutivas. Segurança: estados limites últimos e de utilização. Dimensionamento no estado limite último de seções sob solicitações normais. Flexão composta reta. Cisalhamento com flexão. Torção. Verificação dos estados limites de fissuração e deformação; flechas imediatas e diferidas. Vigas e pilares. Vigas de seção retangular. Vigas de seção T. Verificação ao cisalhamento, verificação à torção: analogia da treliça, deslocamento do diagrama, estribos e ferros dobrados. Ancoragem e emenda de barras. Armadura de vigas: detalhamento das barras longitudinais, distribuição da armadura transversal. Lajes: tipos, esforços atuantes, cargas, espessuras, flechas admissíveis, momentos fletores, correção de momentos. Armaduras das lajes: detalhamento, recomendações de Norma, armadura mínima.

ANÁLISE: Possui interface clara com o BIM, podendo ser abordados aspectos sobre a modelagem tridimensional dos elementos e suas armaduras, gerando documentos de forma acelerada, através da parametrização dos elementos, orientação e semântica para construção, visualização do modelo, além de simulações e análises computacionais. A etapa de projeção pode ser abordada, bem como fazer projetos estruturais durante a disciplina.

REPRESENTAÇÃO: Cor cinza escuro (Núcleo de Conteúdos Profissionalizantes / Eixo dos Sistemas Estruturais / categoria (a) opção 3). São preenchidos os espaços relativos à categoria (a); à categoria (b) – coordenação do processo de modelagem, modelagem geométrica tridimensional, parametrização, orientação à objetos, semântica do modelo, visualização do modelo e, simulação e análise numérica; categoria (c) - projeção; e categoria (d/2) - projeto de estruturas.

Estruturas de Madeira

Carga horária Teórica: 30 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 2

Período: 7º

Código: MCG509

EMENTA: Características das madeiras. Fluência da madeira. Influência da umidade da madeira nas suas propriedades. Característica da compressão na direção das fibras e perpendicularmente às fibras. Peças estruturais de madeira. Normas. Colunas e tirantes. Flambagem. Dimensionamento de vigas. Flambagem lateral de vigas. Cisalhamento. Cálculo de flechas. Ligações com pregos. Parafusos e porcas. Formas para lajes, vigas, pilares e cortinas. Escoramentos. Projeto de formas.

ANÁLISE: A depender do foco dado pelo professor podem ser abordados aspectos comuns à disciplina e aos conceitos BIM. As propriedades referentes às estruturas em madeiras podem ser exploradas em softwares, dando *inputs* sobre sua parametrização, coordenação à objetos, semântica do modelo, bem como fazer análises mais complexas relativas às estruturas. A disciplina pode abordar as etapas de projeção e construção, bem como fazer projetos estruturais.

REPRESENTAÇÃO: Cor cinza claro (Núcleo de Conteúdos Profissionalizantes / Eixo dos Sistemas Estruturais / categoria (a) opção 2). São preenchidos os espaços relativos à categoria (a); à categoria (b) – coordenação do processo de modelagem, modelagem geométrica tridimensional, parametrização, orientação à objetos, semântica do modelo, visualização do modelo e, simulação e análise numérica; à categoria (c) - projeção e construção; e categoria (d/2) - projeto de estruturas.

Concreto Armado II

Carga horária Teórica: 60 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 4

Período: 8º

Código: MCG512

EMENTA: Projeto estrutural de edifícios. Segurança das estruturas: solicitações; resistências. Comportamentos estruturais básicos. Análise e detalhamento de lajes maciças: regime elástico; regime de ruptura. Análise de vigas parede, caixas d'água, piscinas e escadas. Análise, dimensionamento e detalhamento de lajes nervuradas. Verificação da segurança ao estado limite último: curvas de interação. Dimensionamento à flexão composta oblíqua: superfícies de interação; método simplificado. Pilares curtos, médios e esbeltos: índice de esbeltez, flambagem, efeitos de segunda ordem.

ANÁLISE: Possui interface clara com o paradigma BIM. Podem ser trabalhados aspectos sobre a modelagem tridimensional dos elementos e suas armaduras, gerando documentos de forma acelerada, através da parametrização dos elementos, orientação e semântica para construção, visualização do modelo, além de simulações e análises computacionais. A etapa de projeção pode ser abordada, bem como fazer projetos estruturais durante a disciplina.

REPRESENTAÇÃO: Cor cinza escuro (Núcleo de Conteúdos Profissionalizantes / Eixo dos Sistemas Estruturais / categoria (a) opção 3). São preenchidos os espaços relativos à categoria (a); à categoria (b) – coordenação do processo de modelagem, modelagem geométrica tridimensional, parametrização, orientação à objetos, semântica do modelo, visualização do modelo e, simulação e análise numérica; categoria (c) - projeção; e categoria (d/2) - projeto de estruturas.

Estruturas Metálicas

Carga horária Teórica: 60 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 4

Período: 8º

Código: MCG503

EMENTA: Estruturas metálicas: aplicações. Obtenção do aço, propriedades físicas, comportamento tensão-deformação, produtos comerciais; aplicações. Ações e segurança nas estruturas de aço. Barras submetidas à tração: escoamento da seção bruta, ruptura da seção líquida efetiva, barras compostas. Barras submetidas à compressão: Instabilidade global, instabilidade local, barras compostas. Barras submetidas à flexão simples: mecanismo plástico e instabilidades sob momento fletor e sob força cortante, estados limites de serviço. Barras submetidas à flexão composta. Vigas mistas aço-concreto. Noções sobre dimensionamento em situação de incêndio. Ligações parafusadas. Ligações soldadas. Sistemas estruturais de edifícios de múltiplos andares. Edifícios industriais: sistemas estruturais, fechamentos, análise estrutural e dimensionamento dos pilares, bases dos pilares, tesouras, terças, longarinas; contraventamento.

ANÁLISE: A disciplina possui interface clara com o BIM. Podem ser explorados os dados comerciais através da parametrização dos objetos, sendo possíveis análises e simulações dos estudos feitos na disciplina. A semântica dos modelos pode ser feita, através de orientações a objetos, além da visualização do modelo e geração de documentos detalhados. Pode ser abordada a etapa de projeções do edifício, com a identificação dos elementos gerados nos modelos e sua posterior leitura e compreensão. Podem ser trabalhados projetos de estruturas utilizando *software* específico de estruturas metálicas.

REPRESENTAÇÃO: Cor cinza escuro (Núcleo de Conteúdos Profissionalizantes / Eixo dos Sistemas Estruturais / categoria (a) opção 3). São preenchidos os espaços relativos à categoria (a); à categoria (b) – coordenação do processo de modelagem, modelagem geométrica tridimensional, parametrização, orientação à objetos, semântica do modelo, visualização do modelo e, simulação e análise numérica; à categoria (c) - projeção; e categoria (d/2) - projeto de estruturas.

Pontes

Carga horária Teórica: 75 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 5

Período: 9º

Código: MCG590

EMENTA: Elementos constituintes. Elementos necessários ao projeto. Classificação. Ações na superestrutura: cargas permanentes, cargas móveis rodoviárias e ferroviárias, gradiente de temperatura. Viga principal: esforços solicitantes, programas automáticos de análise. Envoltórias de esforços. Fadiga. Dimensionamento a flexão e ao cisalhamento. Ações na infraestrutura. Rigidez dos elementos da meso e infraestrutura. Rigidez do conjunto. Distribuição das ações longitudinais e transversais nas pontes em viga contínua.

ANÁLISE: A depender do foco dado pelo professor podem ser abordados aspectos do paradigma BIM que podem ajudar na compreensão da disciplina. A geração de documentos, conceitos de modelagem e orientação a objetos, além da visualização do modelo. A projeção e construção são etapas que podem ser abordadas na disciplina. Os projetos da estrutura podem ser feitos utilizando *software* BIM, além da arquitetura da ponte que pode ser pensada a partir da ferramenta utilizada.

REPRESENTAÇÃO: Cor cinza claro (Núcleo de Conteúdos Específicos / Eixo dos Sistemas Estruturais / categoria (a) opção 2). São preenchidos os espaços relativos à categoria (a); à categoria (b) – coordenação do processo de modelagem, modelagem geométrica tridimensional, parametrização, orientação à objetos, semântica do modelo, visualização do modelo e, simulação e análise numérica; à categoria (c) - projeção; e categoria (d) - projeto de arquitetura e estrutura.

Projeto de Sistemas Estruturais

Carga horária Teórica: 60 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 4

Período: 9º

Código: MCG591

EMENTA: Sistemas Estruturais: Conceito e função dos sistemas estruturais, princípios da estabilidade global, sistemas básicos, formação dos sistemas estruturais. Edifícios de Concreto: Sistemas estruturais, Estabilidade Global, parâmetros de instabilidade e processo p-delta; Ação do vento em edifícios de múltiplos andares; Concepção estrutural; Modelo estrutural e elementos especiais de concreto. Sistemas Estruturais em aço: Sistemas estruturais de edifícios de andares múltiplos; edifícios de pequeno porte; galpões e coberturas de grandes vãos.

ANÁLISE: A disciplina possui interface clara com o paradigma BIM. É possível abordar conceitos sobre o modelo do projeto proporcionado pelo BIM, envolvendo análises e simulações, parametrização, orientação à objetos, coordenação da modelagem, entre outros. Deve-se dar ênfase ao conceito da colaboração, em que o trabalho em rede pode ser praticando, formando-se grupos que trabalhem no mesmo projeto simultaneamente. Os membros poderiam se dividir entre os diversos sistemas que compõem a edificação, simulando uma situação real de projeto.

REPRESENTAÇÃO: Cor cinza escuro (Núcleo de Conteúdos Específicos / Eixo dos Sistemas Estruturais / categoria (a) opção 3). São preenchidos os espaços relativos à categoria (a); à categoria (b) – colaboração, interoperabilidade, coordenação do processo de modelagem, modelagem geométrica tridimensional, parametrização, orientação à objetos, semântica do modelo, visualização do modelo e, simulação e análise numérica; à categoria (c) - projeção e planejamento da construção; e categoria (d/2) – projeto estrutural.

Sistemas de Hidrologia e de Saneamento

Hidrologia Geral

Carga horária Teórica: 60 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 4

Período: 6º

Código: MCG363

EMENTA: A água na Natureza; Hidro meteorologia. Ciclo hidrológico. Bacia hidrográfica. Escoamento superficial. Pluviologia. Evaporação. Infiltração. Fluviologia. Transporte sólido. Água subterrânea. Enchentes e estiagens; reservatório de regularização. Estação hidrossedimentológica. Modelos de previsão. Modelos de simulação: método racional; Hidrógrafa Unitária.

ANÁLISE: Não possui interface com o paradigma.

REPRESENTAÇÃO: Cor branca (Núcleo de Conteúdos Profissionalizantes / Eixo dos Sistemas de Hidrologia e de Saneamento / categoria (a) opção 1).

Hidráulica Geral

Carga horária Teórica: 60 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 4

Período: 7º

Código: MCG404

EMENTA: Propriedades básicas dos fluidos. Estática dos fluidos. Cinemática dos fluidos. Dinâmica dos fluidos perfeitos. Dinâmicas dos fluidos reais. Resistência. Singularidade. Análise dimensional. Escoamento em condutos livres e escoamentos forçados. Hidrometria. Bombas e turbinas. Energia Hidráulica. Escoamento através de meios porosos.

ANÁLISE: Não possui interface com o paradigma.

REPRESENTAÇÃO: Cor branca (Núcleo de Conteúdos Profissionalizantes / Eixo dos Sistemas de Hidrologia e de Saneamento / categoria (a) opção 1).

Engenharia Portuária e Costeira

Carga horária Teórica: 30 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 2

Período: 7º

Código: MCG402

EMENTA: Hidrodinâmica das ondas do mar; Marés e correntes; Processos litorâneos; Estuários; Hidráulica fluvial; Introdução ao sistema aquaviário; Atividade portuária no Brasil; Tipos de portos e terminais de carga; Obras portuárias. Arranjo geral, canais de acesso, bacia de evolução, obras de abrigo e de acostagem. Obras portuárias internas. Política e gerenciamento de portos; Obras de defesa de costa. Obras longitudinais, espigões, quebra-mares e guia-correntes. Engordamento de praias; Obras hidroviárias e estuarinas; Aspectos ambientais da gestão costeira e portuária. Áreas de dragagem e bota-fora. Emissários submarinos. Vazamentos de óleo.

ANÁLISE: A depender do foco dado pelo professor, podem ser trabalhados conceitos BIM. Por ser uma disciplina que trata sobre gerenciamento de portos e obras portuárias, que são edificações com grande complexidade logística, conceitos como colaboração, visualização e semântica do modelo podem ser vistas através de textos. Em grandes plantas, a localização de determinados componentes pode aumentar a produtividade durante o uso.

REPRESENTAÇÃO: Cor azul claro (Núcleo de Conteúdos Profissionalizantes / Eixo dos Sistemas de Hidrologia e de Saneamento / categoria (a) opção 2). São preenchidos os espaços relativos à categoria (a); à categoria (b) – ciclo de vida da edificação, colaboração, semântica do modelo e visualização do modelo; à categoria (c) - uso; e categoria (d/6) - projetos de obras portuárias.

Saneamento Ambiental

Carga horária Teórica: 60 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 4

Período: 8º

Código: MCG507

EMENTA: Introdução à disciplina. Parâmetros de Qualidade da Água e Padrões de Potabilidade. Enquadramento de corpos d'água (Resolução CONAMA nº 357/2005). Doenças de veiculação hídrica. Corpos receptores: critérios de qualidade, padrões de lançamentos de efluentes (Resolução CONAMA nº 430/2011). Preservação de corpos d'água. Sistemas de Abastecimento de Água (componentes e dimensionamento). Tratamento de Água de Abastecimento. Sistemas de Esgotamento Sanitário. Tratamento de Esgoto Sanitário. Resíduos Sólidos. Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010). Aterro Sanitário. Drenagem Urbana. Micro e macrodrenagem.

ANÁLISE: Não existe interface com o BIM.

REPRESENTAÇÃO: Cor branca (Núcleo de Conteúdos Profissionalizantes / Eixo dos Sistemas de Hidrologia e de Saneamento / categoria (a) opção 1).

Planejamento Ambiental

Carga horária Teórica: 30 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 2

Período: 9º

Código: MCG593

EMENTA: Planejamento e Desenvolvimento Sustentável. Poluição Ambiental. Legislação Ambiental Brasileira. Processo de Urbanização e seus impactos. Gestão Ambiental. Implantação das normas de Gestão Ambiental (conjunto de normas ISO 14.000). Instrumentos de Planejamento Ambiental. Temáticas e Temas usados em Planejamento Ambiental. Indicadores Ambientais. Tomada de Decisão. Participação pública e Educação no Planejamento Ambiental.

ANÁLISE: Não existe interface com o BIM.

REPRESENTAÇÃO: Cor branca (Núcleo de Conteúdos Específicos / Eixo dos Sistemas de Hidrologia e de Saneamento / categoria (a) opção 1).

Sistemas Geomecânicos

Geomecânica

Carga horária Teórica: 60 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 4

Período: 5º

Código: MCG364

EMENTA: Introdução ao estudo da Geologia: teórica, aplicada e subdivisões; Origem e formação da Terra: origem, estrutura, a crosta da Terra, teoria das placas tectônicas, tempo geológico, dinâmica interna e externa da Terra; Minerais: conceito, propriedades dos minerais (física, óptica, morfológica, química), descrição dos minerais mais comuns de rochas; Rochas: definição, classificação, propriedades das rochas (química, física, mecânica); Rochas magmáticas: definição, rochas extrusivas (derrames), rochas intrusivas (diques, sills, batólitos), classificação das rochas magmáticas; Intemperismo: agentes do intemperismo, fatores que influenciam no intemperismo, tipos de intemperismo, decomposição das rochas, rochas de origem (mecânica, química e orgânica); Rochas sedimentares: definição, condições necessárias para a formação de rochas sedimentares, classificação das rochas sedimentares; Rochas metamórficas: definição, agentes do metamorfismo, tipos de metamorfismo; Solos: tipos de solos (residual, transportado), propriedades gerais dos solos (índices físicos: porosidade, índice de vazios, grau de saturação, umidade natural, peso específico natural do solo, peso específico dos grãos sólidos, peso específico da água), forma das partículas, classificação granulométrica de solos; Uso das rochas e dos solos como material de construção e material industrial: obtenção dos materiais industriais e de construção (pedreira, jazida de aluvião ou solos residuais), métodos de investigação em pedreiras e em depósitos naturais, rochas e solos mais comuns e suas aplicações (pedra britada, revestimento de fachada e pisos, construção de calçadas, decoração, paralelepípedo), solos residuais (área de empréstimo e aterro), solos de aluvião (areia – para concreto, filtro-, cascalho – leito de estrada e concreto-, argila), método de exploração das jazidas; Elementos estruturais das rochas: deformação das rochas, dobras (definição, causas e tipos de dobras), falhas (definição, tipos de falhas), fratura (definição, tipos); Investigação do subsolo: métodos geofísicos ou indiretos e método mecânico ou direto (manuais – poços, trincheiras, trado manual simples -, mecânico (sondagem a percussão, jato de água, sondagem rotativa com e sem extração de testemunho); Mapas geológico e geotécnicos: definição, representação, tipos; Águas subterrâneas: ciclo hidrológico, origem e comportamento da água subterrânea, obtenção da água subterrânea, drenagem e rebaixamento do nível freático em obras de engenharia; Águas superficiais: tipos e funções dos cursos de água, redes de drenagem; Ação das águas subterrâneas e superficiais na crosta da Terra: movimento de massa (escorregamentos, boçoroca, creep), dolinas, cavernas, erosão marinha; Introdução

ao estudo de Geologia em obras de engenharia: barragens, túneis, projetos de rodovia, ferrovia, canais, dutos e linhas de transmissão.

ANÁLISE: Não possui interface com o paradigma.

REPRESENTAÇÃO: Cor branca (Núcleo de Conteúdos Profissionalizantes / Eixo dos Sistemas Geomecânicos / categoria (a) opção 1).

Mecânica dos Solos

Carga horária Teórica: 75 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 5

Período: 7º

Código: MCG406

EMENTA: Origem e formação dos solos: origem dos solos, tamanhos e formato das partículas, constituição mineralógica, identificação dos solos por meio de ensaio - granulometria com sedimentação, Limites de Atterberg (Limite de liquidez, Limite de plasticidade, Limite de contração) -, identificação visual e tátil do solo; O estado do solo: determinação dos índices físicos, cálculo dos índices de estado. compactidade da areia, consistência das argilas, sensibilidade das argilas, índice de consistência, prospecção do subsolo (sondagem a percussão, ensaio SPT, tipos de amostras (não representativa, representativa, indeformada, amostragem perfeita), conceitos básicos de alguns ensaio de campo: palheta, T-bar, piezocone (CPTU), dilatômetro sísmico (SDMT); Classificação dos solos: classificação unificada, sistema rodoviário de classificação, classificações regionais, classificação do solo pela sua origem, solos orgânicos e solos lateríticos; Compactação dos solos: ensaios de compactação (proctor normal, intermediário e modificado), curvas de compactação, estrutura dos solos compactados, compactação no campo; Tensões nos solos – Capilaridade: conceito de tensões num meio particulado, tensões devidas ao peso próprio do solo, princípio das tensões efetivas, ação da água capilar no solo; Água no solo – permeabilidade, fluxo unidimensional e tensões de percolação: fluxo de água nos solos, permeabilidade dos solos (Lei de Darcy), determinação do coeficiente de permeabilidade no laboratório -permeâmetro de carga constante e variável-, ensaios de permeabilidade de campo, métodos indiretos, cargas hidráulicas -, força de percolação, tensões no solo submetido a percolação, gradiente crítico; Fluxo bidimensional: estudo da percolação com rede de fluxo, rede de fluxo bidimensional, traçado da rede de fluxo, interpretação da rede de fluxo. Tensões verticais devidas a cargas aplicadas na superfície do terreno: distribuição de tensões, aplicação da teoria da elasticidade; Deformações devidas a carregamentos verticais: recalques devidos a carregamentos na superfície, ensaios para a determinação da deformabilidade dos solos – compressão axial, compressão edométrica –, cálculo do recalque, adensamento das argilas saturadas – tensão de sobreadensamento, cálculo de recalque; Adensamento unidimensional: o processo de adensamento, teoria do

adensamento unidimensional de Terzaghi, grau de adensamento, coeficiente de adensamento, determinação do coeficiente de adensamento a partir de ensaios (método de Casagrande e método de Taylor), cálculo da evolução dos recalques com o tempo. Considerações sobre o adensamento secundário.

ANÁLISE: Não possui interface com o paradigma.

REPRESENTAÇÃO: Cor branca (Núcleo de Conteúdos Profissionalizantes / Eixo dos Sistemas Geomecânicos / categoria (a) opção 1).

Geotecnia

Carga horária Teórica: 60 h

Carga horária prática: 30 h

Créditos: 5

Período: 8º

Código: MCG406

EMENTA: TEÓRICA: Princípios das tensões efetivas (revisão); Estado de tensões e critério de ruptura: coeficiente do empuxo no repouso, tensões em um plano genérico, círculo de Mohr, determinação das tensões a partir do pólo, estado de tensões totais e efetivas, resistência ao cisalhamento dos solos (atrito e coesão), critérios de ruptura, ensaios para determinação de resistência ao cisalhamento (ensaio de cisalhamento direto, ensaio de compressão triaxial); Carregamento: carregamento drenado e não drenado; Comportamento: comportamento compressivo e dilatante; Resistência ao cisalhamento das areias: areias fofas, areias compactas, índice de vazios crítico das areias, variação do ângulo de atrito com a pressão confinante; Resistência ao cisalhamento dos solos argilosos: a influência da tensão de sobreadensamento na resistência ao cisalhamento das argilas, resistência ao cisalhamento das argilas em termos de tensões totais e efetivas, argilas normalmente adensadas e argilas sobreadensadas, envoltória de resistência, comparação entre comportamento das argilas e das areias, caminho de tensões, comparação entre os resultados CD e CU; Resistência não drenada das argilas: estado de tensões em amostras indeformadas, resistência não drenada a partir de ensaios (triaxiais UU, CD, CU) e DSS, fatores que afetam a resistência não drenada das argilas; Investigações geotécnicas de campo: amostragem (amostras não representativa, representativa, indeformada, amostragem perfeita) e ensaios de campo (sondagem a percussão, palheta, T-bar, piezocone, SDMT); Empuxo de terra: empuxo (ativo, passivo e no repouso), cálculo do empuxo (método de Coulomb, método de Rankine); Estabilidade de taludes: tipos de talude (natural, artificial), tipos de movimento de massas, análise de estabilidade, métodos de análise; Obras de contenção: tipos e cálculo da estabilidade; Introdução ao estudo de rebaixamento de lençol d'água; Introdução ao estudo de Barragens de terra. PRÁTICA: Tipos de amostras: indeformada, amolgada, representativa e não representativa. amostragem: Retirada de amostras indeformadas, amolgada e representativas no campo (importância, cuidados e equipamentos). Identificação

visual e tátil do solo. Determinação dos índices físicos: Umidade natural; pesos específicos, densidade dos grãos etc. Limites de consistência ou Atterberg: limite de liquidez; limite de plasticidade, limite de contração. Análise granulométrica por peneiramento; análise granulométrica conjunta - peneiramento e sedimentação (com e sem defloculante). Ensaio de permeabilidade: carga constante e carga variável. Determinação do teor de matéria orgânica. Ensaio de compactação. Ensaio de adensamento edométrico. Ensaio de compressão simples. Ensaio de cisalhamento direto.

ANÁLISE: Não possui interface com o paradigma.

REPRESENTAÇÃO: Cor branca (Núcleo de Conteúdos Profissionalizantes / Eixo dos Sistemas Geomecânicos / categoria (a) opção 1).

Fundações I

Carga horária Teórica: 60 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 4

Período: 8º

Código: MCG508

EMENTA: Prospecção: sondagens a percussão, rotativas e mistas; Recalque de fundações superficiais e conceito de tensões admissíveis; Fundações diretas e profundas - critérios de escolha; Fundações diretas: tipos, características, métodos construtivos, cálculo das tensões no solo; Capacidade de carga de fundações superficiais: abordagens de Terzaghi e Vesic; Avaliação da carga de ruptura; Efeitos de inclinação e excentricidade das cargas; Influência do nível d'água. Aplicações; Recalque de fundações superficiais - Métodos de Terzaghi-Peck, Housel e Barata; Execução de fundações superficiais em solo e em rocha; Dimensionamento de blocos, sapatas (isoladas, associadas, contínuas e em divisas), vigas de equilíbrio e radier.

ANÁLISE: A depender do foco dado pelo professor podem ser trabalhados conceitos BIM. Ao se tratar do dimensionamento das fundações rasas, podem ser feitas leituras sobre como os processos BIM podem auxiliar na modelagem, parametrização e semântica do modelo, entre outros.

REPRESENTAÇÃO: Cor marrom claro (Núcleo de Conteúdos Profissionalizantes / Eixo dos Sistemas Geomecânicos / categoria (a) opção 2). São preenchidos os espaços relativos à categoria (a); à categoria (b) - coordenação do processo de modelagem, modelagem geométrica tridimensional, parametrização, orientação à objetos, semântica do modelo e visualização do modelo; à categoria (c) – projeção e construção; e categoria (d/6) - projeto de fundação rasa.

Fundações II

Carga horária Teórica: 60 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 4

Período: 9º

Código: MCG514

EMENTA: Fundações profundas: tipos, características e métodos construtivos; Dimensionamento e execução de estacas de madeira, tipo Franki, metálicas, pré-moldadas, raiz, escavadas e hélice contínua; Capacidade de carga: Métodos de Aoki-Velloso e Décourt;-Quaresma; Capacidade de carga - Fórmulas dinâmicas – controle de estaqueamento; Noções sobre cravação de estacas e provas de carga; Dimensionamento e execução de tubulões, caixões, blocos de coroamento e estacas inclinadas; Introdução ao Projeto de fundações; Soluções especiais: substituição do solo, "jet-grouting", estacas tracionadas; Patologia e Reforço de fundações; Análise dos esforços e cálculo estrutural de estruturas de contenção.

ANÁLISE: A depender do foco dado pelo professor podem ser trabalhados conceitos BIM. Podem ser trabalhados conceitos sobre modelagem, como parametrização, semântica do modelo, além da possibilidade de serem feitas análises.

REPRESENTAÇÃO: Cor marrom claro (Núcleo de Conteúdos Específicos / Eixo dos Sistemas Geomecânicos / categoria (a) opção 2). São preenchidos os espaços relativos à categoria (a); à categoria (b) - coordenação do processo de modelagem, modelagem geométrica tridimensional, parametrização, orientação à objetos, semântica do modelo, visualização do modelo e, simulações e análises numéricas; à categoria (c) – projeção e construção; e categoria (d/6) - projeto de fundação profunda.

Sistemas de Construção Civil

Desenho Técnico Aplicado à Engenharia Civil

Carga horária Teórica: 60 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 4

Período: 5º

Código: MCG401

EMENTA: Instrumental básico para desenho técnico, com aplicação em projetos de engenharia e arquitetura; Escalas; Cotagem; Noções de Vistas Ortográficas e Isometria; Planta Baixa; Planta de Cobertura; Cortes; Fachadas; Plantas de

Orientação, Situação e Locação; Escadas; Elevações; Desenho de Elementos de Instalações Prediais; Desenho de Elementos Estruturais.

ANÁLISE: A disciplina possui interface clara como paradigma BIM. Por se tratar de uma disciplina de projetos de Engenharia Civil, os conceitos BIM podem ser amplamente abordados. Pode-se trabalhar os projetos de arquitetura, estrutura e instalações prediais e diferentes *softwares*, promovendo a colaboração e a interoperabilidade em um trabalho multidisciplinar.

REPRESENTAÇÃO: Cor laranja escuro (Núcleo de Conteúdos Profissionalizantes / Eixo dos Sistemas de Construção Civil / categoria (a) opção 3). São preenchidos os espaços relativos à categoria (a); à categoria (b) – ciclo de vida da edificação, colaboração, interoperabilidade, coordenação do processo de modelagem, modelagem geométrica tridimensional, parametrização, orientação à objetos, semântica do modelo e visualização do modelo; à categoria (c) – projeção e planejamento da construção; e categoria (d) - é possível abordar diferentes disciplinas de projeto.

Topografia

Carga horária Teórica: 60 h

Carga horária prática: 15 h

Créditos: 5

Período: 5º

Código: MCG244

EMENTA: Forma e dimensões da Terra. Relevo. Medições de ângulo e distâncias. Planimetria e altimetria. Instrumentos de topografia. Métodos de levantamento topográfico de baixa, média e alta precisão. Implantação e locomoção de projetos e obras. Plano topográfico. Nivelamento geométrico, trigonométrico e taqueométrico. Cartas topográficas. Orientação magnética e verdadeira. Áreas e volumes. Noções de aerofotogrametria. Procedimentos topográficos especiais.

ANÁLISE: Não existe interface com o paradigma.

REPRESENTAÇÃO: Cor branca (Núcleo de Conteúdos Profissionalizantes / Eixo dos Sistemas de Construção Civil / categoria (a) opção 1).

Materiais de Construção

Carga horária Teórica: 60 h

Carga horária prática: 30 h

Créditos: 5

Período: 5º

Código: MCG365

EMENTA: Propriedades gerais dos materiais. Métodos de ensaio, especificações e normas de execução. Controle da qualidade. Laboratórios, máquinas e equipamentos. Novos materiais e materiais não convencionais. Normalização nacional e internacional. Noções de Ciência dos Materiais. Principais materiais utilizados na construção: agregados, aglomerantes, argamassas, concretos, madeiras, materiais cerâmicos, materiais metálicos, plásticos, vidros, tintas e vernizes. Introdução à tecnologia básica do concreto: Conceitos, materiais componentes e dosagem.

ANÁLISE: A depender do foco dado pelo professor, podem ser lidos textos que tratam sobre os conceitos BIM, no que diz respeito ao controle de qualidade na obra em um processo de fiscalização das atividades, além da possibilidade de parametrização dos materiais a serem utilizados no modelo de projeto, bem como a semântica do modelo, a fim de gerar arquivos com informações adequadas para os agentes envolvidos no processo de produção dos materiais.

REPRESENTAÇÃO: Cor laranja claro (Núcleo de Conteúdos Profissionalizantes / Eixo dos Sistemas de Construção Civil / categoria (a) opção 2). São preenchidos os espaços relativos à categoria (a); e à categoria (b) - etapas do ciclo de vida da edificação, parametrização e semântica do modelo.

Edificações I

Carga horária Teórica: 60 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 4

Período: 6º

Código: MCG501

EMENTA: Movimento de terra. Instalação de obras. Locação da obra. Fundação. Superestrutura. Alvenarias. Concretagem. Revestimentos. Pavimentação. Impermeabilizações. Esquadrias. Pintura. Instalações. Telhados. Introdução à Engenharia de Avaliações. Modernas técnicas de construção. Tipos de industrialização e modulação na construção civil.

ANÁLISE: A disciplina possui interface clara como paradigma BIM. Por se tratar de uma disciplina conceitual, na qual são abordadas diversas etapas do ciclo de vida da edificação, é possível abordar diversos conceitos BIM, mostrando suas vantagens na Construção Civil através de textos e exemplos. É uma disciplina que teria um papel fundamental na difusão dos conceitos do paradigma na grade curricular.

REPRESENTAÇÃO: Cor laranja escuro (Núcleo de Conteúdos Profissionalizantes / Eixo dos Sistemas de Construção Civil / categoria (a) opção 3). São preenchidos os espaços relativos à categoria (a); todos os espaços da categoria (b); à categoria (c) –

estudo de viabilidade, projeção, planejamento da construção e construção; não é possível trabalhar nenhuma disciplina de projeto na disciplina.

Instalações Prediais I

Carga horária Teórica: 60 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 4

Período: 6º

Código: MCG405

EMENTA: Desenvolvimento de projetos de instalações elétricas, de aterramento, de telefonia e lógica. Conceito de tensão elétrica, intensidade de corrente elétrica e de potência elétrica. Condutores elétricos. Comandos. Tomadas. Aterramento. Circuito. Disjuntores. Quadros elétricos. Eletrodutos. Alimentação monofásica e trifásica.

ANÁLISE: A disciplina possui interface clara como paradigma BIM. É possível abordar diversos conceitos BIM, abordando temas desde o trabalho colaborativo, com a importação e trabalho sobre outros projetos e modelos (arquitetura, por exemplo), passando por coordenação da modelagem, parametrização dos elementos, semântica do modelo e simulações energéticas. É possível abordar as etapas de projeto e planejamento das instalações, prezando pela segurança e otimização dos processos.

REPRESENTAÇÃO: Cor laranja escuro (Núcleo de Conteúdos Profissionalizantes / Eixo dos Sistemas de Construção Civil / categoria (a) opção 3). São preenchidos os espaços relativos à categoria (a); à categoria (b) – colaboração, interoperabilidade, coordenação do processo de modelagem, modelagem geométrica tridimensional, parametrização, orientação à objetos, semântica do modelo, visualização do modelo e, simulações e análises numéricas; à categoria (c) -projeção e planejamento da construção; e categoria (d/3) – projeto elétrico.

Edificações II

Carga horária Teórica: 45 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 3

Período: 7º

Código: MCG510

EMENTA: Introdução à Logística na Construção Civil. Histórico do desperdício na construção; causas do desperdício; impacto do desperdício nos custos das edificações; indicadores de perdas; instrumentos de medição e/ou quantificação do desperdício; instrumentos de controle do desperdício; diretrizes para a implantação de uma política de redução de perdas. Técnicas para concretagem de grandes

maciços. Técnicas de protensão. Muros de arrimo. Reservatórios. Silos, Pontes, Barragens, Usinas Atômicas. Túneis. Aeroportos, pavilhões industriais, escolas, hospitais, hotéis (tipos de projetos, instalações, normas). Introdução à Patologia das Construções.

ANÁLISE: Possui interface clara com o paradigma BIM. A abordagem aos conceitos pode acontecer através da leitura de textos sobre como modelos precisos e bem estruturados podem auxiliar nos processos da Construção Civil, reduzindo desperdícios e otimizando recursos. Também é possível fazer a introdução à tecnologias mais avançadas, como nuvens de pontos⁴⁷, para a geração de modelos tridimensionais para análise de patologias, como fissuras.

REPRESENTAÇÃO: Cor laranja escuro (Núcleo de Conteúdos Profissionalizantes / Eixo dos Sistemas de Construção Civil / categoria (a) opção 3). São preenchidos os espaços relativos à categoria (a); à categoria (b) – ciclo de vida da edificação, semântica do modelo, visualização do modelo e, simulações e análises numéricas; à categoria (c) – estudo de viabilidade, planejamento da construção e construção; e categoria (d) - é possível abordar além do projeto estruturas, projetos elaborados a partir de imagens/nuvens de pontos.

Instalações Prediais II

Carga horária Teórica: 60 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 4

Período: 7^o

Código: MCG409

EMENTA: Desenvolvimento de projetos de instalações prediais de água fria, água quente, esgoto sanitário, sistemas preventivos contra incêndio, esgotamento pluvial, GLP, drenagem e de sistemas de reaproveitamento de água.

ANÁLISE: Possui interface clara com o paradigma BIM. Além dos conceitos como colaboração, interoperabilidade, modelagem, parametrização, entre outros, podem ser trabalhados projetos de hidráulica, incêndio e gás. O uso de ferramentas BIM na disciplina possibilita maior agilidade no processo de aprendizagem, além da possibilidade da divisão de tarefas em grupos, incentivando trabalho colaborativo utilizando plataformas BIM.

REPRESENTAÇÃO: Cor laranja escuro (Núcleo de Conteúdos Profissionalizantes / Eixo dos Sistemas de Construção Civil / categoria (a) opção 3). São preenchidos os espaços relativos à categoria (a); à categoria (b) – colaboração, interoperabilidade,

⁴⁷ Através de fotos de alta resolução feitas por drones.

coordenação do processo de modelagem, modelagem geométrica tridimensional, parametrização, orientação à objetos, semântica do modelo e visualização do modelo; à categoria (c) - projeção; e categoria (d) - hidráulica, gás e incêndio.

Planejamento, Orçamento e Controle de Obras

Carga horária Teórica: 45 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 3

Período: 9º

Código: MCG592

EMENTA: Administração da construção. Modalidades de contratos de obras. Licitações. Caderno de encargos, memorial descritivo. Leis sociais aplicadas à construção civil. Custos unitários, custos totais. Orçamento de obras. Características básicas de gerenciamento e controle da construção, A técnica PERT/CPM (Project Evolution Review Technique/Critical Path Method). Uso de software aplicado a programação de uma obra de engenharia. Noções de planejamento. Metodologia de planejamento de um empreendimento. Cronograma físico. Cronograma físico-financeiro.

ANÁLISE: Possui interface clara com o BIM. Podem ser trabalhados textos conceituais a respeito do paradigma, envolvendo a colaboração, etapas do ciclo de vida, semântica do modelo, entre outros, observando todas as possibilidades e vantagens ao se trabalhar com as informações inerentes ao modelo. O planejamento da construção pode ser feito de maneira mais eficaz, trabalhando as dimensões 4D e 5D, referentes ao cronograma, custo e verificação de conflitos. É uma disciplina que tem um papel muito importante na difusão do conceito entre os discentes, que brevemente estarão inseridos no mercado de trabalho.

REPRESENTAÇÃO: Cor laranja escuro (Núcleo de Conteúdos Específicos / Eixo dos Sistemas de Construção Civil / categoria (a) opção 3). São preenchidos os espaços relativos à categoria (a); à categoria (b) – ciclo de vida da edificação, colaboração, interoperabilidade, coordenação do processo de modelagem, parametrização e semântica do modelo; à categoria (c) - estudo de viabilidade, planejamento da construção e construção; e categoria (d) - projetos para verificação de conflitos e planejamento da obra (ex. *Autodesk Naviswork*).

Sistemas de Transporte e Logística

Estradas I

Carga horária Teórica: 60 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 4

Período: 6º

Código: MCG403

EMENTA: O Traçado de uma rodovia. Elementos básicos para o projeto. Curvas horizontais circulares. Curvas horizontais com transição. Seção transversal. Superelevação e superlargura. Perfil longitudinal. Projeto de terraplenagem. Projeto de Drenagem.

ANÁLISE: Não possui interface com o paradigma.

REPRESENTAÇÃO: Cor branca (Núcleo de Conteúdos Profissionalizantes / Eixo dos Sistemas de Transporte e Logística / categoria (a) opção 1).

Estradas II

Carga horária Teórica: 60 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 4

Período: 7º

Código: MCG511

EMENTA: Análise de projetos. Investigação e classificação dos solos. Dimensionamento de pavimentos flexíveis e rígidos. Técnicas de estabilização de solos. Misturas betuminosas. Técnicas de construção. Pavimentação urbana.

ANÁLISE: Não possui interface com o paradigma.

REPRESENTAÇÃO: Cor branca (Núcleo de Conteúdos Profissionalizantes / Eixo dos Sistemas de Transporte e Logística / categoria (a) opção 1).

Transportes e Logística

Carga horária Teórica: 30 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 2

Período: 9º

Código: MCG504

EMENTA: Histórico dos transportes. Conceituação das variáveis associadas ao fluxo e à capacidade operacional dos diversos modos de transporte. Métodos de avaliação da capacidade de vias, áreas de manobras e pátios. Visão sistêmica do transporte hidroviário: rotas, embarcações, portos, sistemas auxiliares. Características técnicas operacionais de transporte hidroviário: marítimo e fluvial. Características técnicas

operacionais do transporte ferroviário. Economia, custos e aspectos intermodais e de gerenciamento. Tecnologias de transporte urbano de carga e de passageiros. Interação transporte e uso do solo. Planejamento e operação de sistemas de transporte urbano. Transporte de massa: metrô, pré-metrô e trem urbano.

ANÁLISE: Não possui interface com o paradigma.

REPRESENTAÇÃO: Cor branca (Núcleo de Conteúdos Específicos / Eixo dos Sistemas de Transporte e Logística / categoria (a) opção 1).

Grupo Engenharias

Aqui estão as disciplinas ofertadas por outros cursos, não pertencentes a nenhum dos Eixos Temáticos, porém obrigatórias na integralização do curso de Engenharia Civil.

Fenômenos Difusivos de Massa, Momento e Energia

Carga horária Teórica: 60 h

Carga horária prática: 0 h

Créditos: 4

Período: 5º

Código: MCG351

EMENTA: Conservação de massa. Teorema do transporte. equação da continuidade. Tensor tensão. Fluido Newtoniano. escoamento laminar. Conservação do momentum. escoamento interno. Lei de Fourier. Conservação da energia. Condução em sólidos. Lei de Fick. Conservação de massa em meios multicomponentes. Difusão de Sólidos.

ANÁLISE: Não possui interface com o paradigma BIM.

REPRESENTAÇÃO: Cor branco (Núcleo de Conteúdos Específicos / Grupo Engenharias / categoria (a) opção 1).

Engenharia Econômica

Carga horária Teórica: 45 h

Carga horária prática: 15 h

Créditos: 4

Período: 6º

Código: MCG483

EMENTA: Regimes de capitalização. estrutura temporal da taxa de juros. Taxas de juros: nominal, efetiva, proporcional, equivalente e real. Taxa mínima de atratividade. Fluxo de caixa. Séries de pagamento: uniforme, perpétua e gradiente. Sistemas de

amortização. Métodos de depreciação. Avaliação de investimentos: valor presente líquido, taxa interna de retorno, índice de rentabilidade, payback e payback descontado. Avaliação de projetos independentes e projetos mutuamente exclusivos. circunstâncias específicas de avaliação de investimentos: limitação de orçamento de capital, investimentos com horizontes temporais distintos, valor residual e perpetuidade do fluxo de caixa, custo anual equivalente. Análise de substituição de equipamentos. Múltiplos de valor de empresas. Determinação de valor em ambiente de incertezas: ponto de equilíbrio (break-even point) contábil e financeiro, análise de sensibilidade, análise de cenários e árvore de decisão.

ANÁLISE: Não possui interface com o paradigma BIM.

REPRESENTAÇÃO: Cor branco (Núcleo de Conteúdos Específicos / Grupo Engenharias / categoria (a) opção 1).

Gestão de Projetos

Carga horária Teórica: 45 h

Carga horária prática: 15 h

Créditos: 4

Período: 8º

Código: MCG474

EMENTA: Conceitos básicos de Gerenciamento de Projeto; Ciclo de vida de Projeto. Organização para projeto; Áreas de conhecimento de projetos segundo o PMI; Programação temporal de projetos; Ferramentas de apoio no gerenciamento de projetos.

ANÁLISE: Possui interface clara com o paradigma BIM. Por se tratar de uma disciplina de gestão, temas como coordenação, colaboração, interoperabilidade, ciclo de vida da edificação e simulações sobre cronograma e custos podem abordados. O planejamento da construção é um tópico importante no andamento da obra, para que seja gerado o menor desperdício possível e para que o cronograma estipulado no início da construção seja cumprido. Mesmo sendo uma disciplina oferecida pelo curso de Engenharia de Produção, podem ser abordados os temas de projetos de Engenharia Civil, promovendo a colaboração entre os possíveis diferentes atores da construção.

REPRESENTAÇÃO: Cor roxo escuro (Núcleo de Conteúdos Específicos / Grupo Engenharias / categoria (a) opção 3). São preenchidos os espaços relativos à categoria (a); à categoria (b) – ciclo de vida da edificação, colaboração, interoperabilidade, coordenação do processo de modelagem e, simulações e análises numéricas; e à categoria (c) - planejamento da construção.

ANEXO B – QUESTIONÁRIO ENVIADO AOS PROFESSORES

BIM no ensino

Esse formulário tem como objetivo entender a visão dos professores da Engenharia da UFRJ Macaé a respeito da temática BIM (Building Information Modeling ou Modelagem da Informação na Construção). As informações e respostas obtidas serão utilizadas para o desenvolvimento do Trabalho de Conclusão de Curso do discente Pedro Gomes Ferreira, sob orientação do docente Leandro Knopp e visam caracterizar o atual entendimento do corpo docente a respeito desse paradigma que vem trazendo grandes mudanças no cenário de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO).

Embora seja um formulário anônimo, as respostas são de grande valia e devem ser feitas nos campos a que foram destinadas. O formulário contém 10 questões e o tempo estimado para a realização é de 10 minutos.

Em caso de dúvidas, esclarecimentos ou sugestões favor entrar em contato pelo e-mail: pgf@ufrj.br
*Obrigatório

1. Qual(is) disciplina(s) você leciona na UFRJ Macaé? *

2. Qual seu nível de conhecimento sobre o conceito BIM? *

Marcar apenas uma oval.

0	1	2	3	4	5	
Nenhum	<input type="radio"/>	Domina o assunto				

3. Na sua visão, o que melhor representa o BIM? *

Marcar apenas uma oval.

- Software/ferramenta computacional
 - Processo
 - Sistema de colaboração
 - Ambiente de trabalho
 - Filosofia de planejamento e execução de processos Outro:
 -
-

4. Você ensina algum parâmetro BIM na(s) sua(s) disciplina(s)? *

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

5. Você considera importante a inserção do conceito BIM na matriz curricular do curso de Engenharia Civil? *

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

Prefiro me abster

6. Caso sua resposta na pergunta 5 tenha sido positiva, a partir de qual período você sugere que o conceito BIM deve começar a ser praticado com os alunos?

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

<input type="radio"/>									
-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

7. Avalie, de acordo com seu conhecimento, em uma escala de 1 a 5 (nada verdadeiro a totalmente verdadeiro) os possíveis obstáculos que o curso de Engenharia Civil da UFRJ enfrentaria para introduzir BIM no currículo. *

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	5
Falta de uma metodologia específica para o ensino do BIM	<input type="radio"/>				
Ceticismo da universidade (primeiro ver para crer)	<input type="radio"/>				
Faltam professores capacitados em BIM	<input type="radio"/>				
Indisposição dos professores para aprender/ensinar BIM	<input type="radio"/>				
Falta de vontade para mudar o currículo	<input type="radio"/>				
Falta de "espaço" no currículo para incluir novas disciplinas	<input type="radio"/>				
Falta de tempo dos professores para planejar uma disciplina BIM	<input type="radio"/>				
Dificuldade para integrar disciplinas no currículo	<input type="radio"/>				
Falta de materiais didáticos específicos sobre BIM	<input type="radio"/>				
Falta de bons computadores e equipamentos apropriados	<input type="radio"/>				
Problemas com softwares BIM e hardware	<input type="radio"/>				
Não sabe qual software BIM será adotado no futuro pela indústria	<input type="radio"/>				
Dificuldade para conciliar horários de turmas interdisciplinares	<input type="radio"/>				
O mercado de trabalho brasileiro ainda tem uma baixa demanda por especialistas BIM	<input type="radio"/>				

Falta de relacionamento curricular entre Projeto e Gestão

Política de TI da universidade inviabiliza uso de um servidor BIM

Usar ferramenta BIM em projeto pode prejudicar o pensamento criativo do

8. Qual a sua visão sobre as mudanças causadas pela indústria 4.0, como um maior fluxo na troca de informações e expansão tecnológica, na construção civil?

9. Você gostaria de fazer algum comentário sobre o tema que não tenha sido abordado neste formulário? *

10. Gostaria de fazer algum comentário sobre as perguntas contidas neste formulário?

Caso deseje conhecer os resultados desta pesquisa, por favor, forneça o seu email:

ANEXO C – QUESTIONÁRIO ENVIADO AO PROFESSOR JOSÉ LUIS MENEGOTTO

Entrevista sobre implementação do BIM na UFRJ

Este formulário foi criado para entender a importância e possíveis obstáculos encontrados para a implementação do BIM na Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Para esclarecer algumas questões, o discente Pedro Gomes Ferreira do curso de Engenharia Civil da UFRJ Macaé recorreu ao Professor José Luis Menegotto do Departamento de Expressão Gráfica da Escola Politécnica da UFRJ, para realizar esta entrevista e entender as experiências sobre a inserção do BIM na universidade.

Os resultados desta pesquisa serão utilizados no Trabalho de Conclusão de Curso do discente, com o título "BIM no Ensino: avaliação da grade curricular do curso de Engenharia Civil da UFRJ Macaé segundo o paradigma BIM".

1. Qual a sua formação acadêmica?

2. Há quantos anos o senhor é Professor na UFRJ? Quais as disciplinas leciona?

3. Há quanto tempo leciona sobre os conceitos BIM em suas disciplinas?

4. Qual a sua opinião sobre a importância do BIM no processo de ensino-aprendizagem do aluno?

5. O senhor acredita que a inserção do BIM no currículo de Engenharia Civil pode acelerar esse processo?

6. Quais diferenciais podem ser observados nos engenheiros formados com conhecimentos BIM?

7. Em sua opinião, como os conceitos BIM podem ser implementados no currículo do curso de Engenharia Civil?

Marque todas que se aplicam.

Disciplinas eletivas

Disciplinas obrigatórias

Ateliês de Projeto

Outro: _____

8. A partir de qual período o senhor acredita que os conceitos BIM podem começar a ser trabalhados no currículo de Engenharia Civil?

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

<input type="radio"/>										
-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

9. O senhor acredita que há certa resistência, por parte do corpo docente da instituição, à inserção do BIM dentro das disciplinas do curso? Em caso afirmativo, quais os motivos você associa a esse fato?

10. Quais as principais dificuldades encontradas para a inserção do BIM no currículo do curso de Engenharia Civil da UFRJ?

Marque todas que se aplicam.

- Ceticismo da Universidade
- Falta de professores capacitados
- Espaço no currículo para inserir novas disciplinas
- Política de TI
- Outro: _____

11. Existe alguma questão, não abordada neste formulário, sobre a qual o senhor gostaria de comentar?
