



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL: ESTRUTURAS E
CONSTRUÇÃO CIVIL

RODRIGO MAGALHÃES SIQUEIRA BORGES

ENSINO-APRENDIZAGEM DE CONTEÚDOS DE ENGENHARIA POR MEIO DE
OBJETOS DE APRENDIZAGEM BIM

FORTALEZA

2022

RODRIGO MAGALHÃES SIQUEIRA BORGES

ENSINO-APRENDIZAGEM DE CONTEÚDOS DE ENGENHARIA POR MEIO DE
OBJETOS DE APRENDIZAGEM BIM

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. Área de concentração: Construção Civil.

Orientador: Prof. Dr. José de Paula Barros Neto
Coorientadora: Profa. Dra. Mariana Monteiro
Xavier de Lima

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- B734e Borges, Rodrigo Magalhães Siqueira.
 Ensino-aprendizagem de conteúdos de engenharia por meio de objetos de aprendizagem BIM /
 Rodrigo Magalhães Siqueira Borges. – 2022.
 240 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de
 Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil, Fortaleza, 2022.
 Orientação: Prof. Dr. José de Paula Barros Neto.
 Coorientação: Profa. Dra. Mariana Monteiro Xavier de Lima.
1. ensino-aprendizagem. 2. competências. 3. objetos de aprendizagem. 4. BIM. 5. gerenciamento
 da construção. I. Título.

CDD 624.1

RODRIGO MAGALHÃES SIQUEIRA BORGES

ENSINO-APRENDIZAGEM DE CONTEÚDOS DE ENGENHARIA POR MEIO DE
OBJETOS DE APRENDIZAGEM BIM

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. Área de concentração: Construção Civil.

Aprovada em 15/02/2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José de Paula Barros Neto (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof.^a Dra. Mariana Monteiro Xavier de Lima (Co-Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Alexandre Araújo Bertini
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof.^a Dra. Regina Coeli Ruschel
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Prof.^a Dra. Érica de Sousa Checcucci
Universidade Federal da Bahia (UFBA)

À minha família, por todo o incentivo.
Esta vitória também é de vocês.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por toda fortaleza, sabedoria e paciência a mim concedidas ao longo destes anos de pesquisa. Pelo discernimento nas escolhas, que me levaram a abençoados caminhos, onde muitas portas foram abertas e amizades feitas, imprescindíveis para que eu chegasse ao fim deste trabalho com êxito.

À minha família, por acompanhar de perto esta jornada, incentivando-me em todos os momentos, apoiando minhas escolhas, torcendo pelo sucesso, comemorando as vitórias ao meu lado e me amparando nas adversidades.

Aos meus orientadores, profs. Mariana Lima e Barros Neto, exemplos de excelência: dedicados, atenciosos e ricos em sabedoria. Conheceram-me como aluno de graduação e, pacientemente, formaram-me como pesquisador. Ensinarão-me, como pesquisador, que a beleza da pesquisa está em não somente adquirir ou difundir conhecimentos, mas transformar a sociedade de forma positiva, e como ser humano, ensinaram-me a ter humildade, a tratar todos igualmente, independentemente do nível de conhecimento, e a não se acomodar, mas sempre buscar aprimorar os conhecimentos.

Aos membros desta banca avaliadora, profs. Regina Ruschel, Érica Checcucci e Alexandre Bertini, professores renomados nacionalmente e internacionalmente sobre o tema pesquisado, onde através de seus trabalhos realizados, despertaram-me o interesse e o carinho por pesquisar sobre o tema BIM e Educação. Agradeço pela disponibilidade, pela atenção e por todas as sugestões de melhorias feitas ao trabalho desde o exame de qualificação. Apesar do pouco contato, este trabalho teve grande parcela de contribuição de vocês. Tenho certeza que muitas outras parcerias em trabalhos futuros surgirão.

Aos amigos que estiveram presentes ao meu lado durante todo o período de mestrado, em especial à colega de pós-graduação Bianca Vieira, quem me sustentou várias vezes ao longo desta jornada, companheira dos trabalhos de mestrado e grande amiga. E também aos amigos Luis Cândido e Jeferson Böes, que me acompanharam principalmente durante os primeiros anos de pesquisa, e sempre se dispuseram a me ajudar nos momentos em que precisei.

Enfim, a todos os que contribuíram diretamente e indiretamente para a materialização deste trabalho, meus agradecimentos. Que Deus os abençoe.

“Entrega o teu caminho ao Senhor;
confia Nele, e Ele tudo fará” Sl 37:5

RESUMO

A educação em engenharia representa um grande desafio a docentes, tendo em vista a grande quantidade e a complexidade dos conteúdos que a área envolve, bem como a necessidade de desenvolver diversas competências e habilidades em discentes. No processo, é comum que surjam dificuldades de aprendizagem, as quais devem ser identificadas e trabalhadas para tornar o aprendizado de discentes mais eficaz. Como agente facilitador, o uso de recursos da Tecnologia da Informação, como o *Building Information Modeling* (BIM) pode oferecer diversos benefícios à aprendizagem, desde melhorias na visualização de projetos por meio de modelos tridimensionais, proporcionando a discentes maior facilidade na compreensão de projetos de construção de elevada complexidade, até mesmo melhorias em planejamento e gestão, possibilitando que gerem orçamentos de maneira precisa e automatizada. Diante disso, o presente trabalho buscou desenvolver, através do método *Design Science Research*, uma ferramenta de planejamento do ensino-aprendizagem de conteúdos de engenharia por meio de objetos de aprendizagem BIM. O método foi constituído por cinco etapas básicas: (1) Etapa de Conscientização do Problema, realizada para conhecer as dificuldades de aprendizagem que discentes apresentam em relação a conteúdos de engenharia, neste caso, em Gerenciamento da Construção; (2) Etapa de Sugestão, para propor a elaboração de um modelo (ou artefato) que facilite o planejamento do ensino-aprendizagem dos conteúdos trabalhados; (3) Etapa de Desenvolvimento, para elaborar objetos de aprendizagem BIM voltados às dificuldades identificadas, relacionando-os a competências e habilidades essenciais à formação de discentes; (4) Etapa de Avaliação, para avaliar a viabilidade de aplicação da ferramenta, analisando suas contribuições teóricas e práticas; e (5) Etapa de Conclusão, para relatar as lições aprendidas no estudo, expondo os objetivos da pesquisa atingidos e não-atingidos, e indicando quais foram os fatores limitantes. Como contribuições, foi obtida uma ferramenta que serve para ser aplicada por docentes de disciplinas de engenharia relacionadas ao BIM, como um todo, tornando-se uma alternativa para facilitar a aprendizagem dos conteúdos trabalhados e o desenvolvimento de competências e habilidades. A referida ferramenta, a qual integra objetos de aprendizagem BIM, pode ser encontrada e baixada através dos links apresentados ao final do trabalho, no Apêndice F.

Palavras-chave: ensino-aprendizagem; competências; objetos de aprendizagem; BIM; gerenciamento da construção.

ABSTRACT

Engineering education represents a great challenge for professors, given the large amount and complexity of involved contents in study area, as well as the need to develop different students skills and abilities. In process, it is common that learning difficulties arise, which must be identified and worked on to make learning more effective. As a facilitator agent, the use of Information Technology resources, such as Building Information Modeling (BIM) can offer several benefits in learning, from improvements in project visualization through three-dimensional models, providing students with greater ease in highly complex construction projects understanding, even improvements in planning and management, enabling them to generate accurate and automated budgets. Therefore, the present work sought to develop, through the Design Science Research method, a teaching-learning engineering content planning tool through BIM learning objects. The method consisted of five basic steps: (1) Problem Awareness Stage, carried out to understand the students learning difficulties in relation to engineering content, in this case, in Construction Management; (2) Suggestion Stage, to propose a model elaboration (or artifact) that facilitates the teaching-learning planning of worked contents; (3) Development Stage, to develop BIM learning objects aimed at identified difficulties, relating them to essential competencies and skills to the students formation; (4) Evaluation Stage, to assess the feasibility of applying the tool, analyzing its theoretical and practical contributions; and (5) Conclusion Stage, to report the lessons learned in the study, exposing the research objectives achieved and not achieved, and indicating what the limiting factors were. As contributions, a tool was obtained that can be applied by professors of engineering disciplines related to BIM, as a whole, becoming an alternative to facilitate the contents learning and competences and skills development. The referred tool, which integrates BIM learning objects, can be found and downloaded through the links presented at the end of the research, in Appendix F.

Keywords: teaching-learning; competences; learning objects; BIM; construction management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Roadmap BIM BR	28
Figura 2 – Estrutura do trabalho.....	31
Figura 3 – Níveis de complexidade dos processos da Taxonomia de Bloom.....	36
Figura 4 – Metodologia da pesquisa.....	54
Figura 5 – Paradigmas e seus aspectos ontológicos e epistemológicos.....	54
Figura 6 – Etapas da Design Science Research.....	57
Figura 7 – Etapas e atividades desenvolvidas no trabalho.....	59
Figura 8 – Atual cenário de utilização do BIM no ensino de Gerenciamento da Construção.....	62
Figura 9 – Metodologia da RSL.....	65
Figura 10 – Termos e <i>strings</i> de busca.....	66
Figura 11 – Publicações encontradas e suas respectivas bases.....	67
Figura 12 – Desenvolvimento de objetos de aprendizagem BIM.....	70
Figura 13 – Bússola de aprendizagem.....	72
Figura 14 – Bússola de aprendizagem delimitada para inserção de códigos.....	73
Figura 15 – Regras básicas para utilização da ferramenta.....	74
Figura 16 – Glossário com os principais termos da ferramenta.....	75
Figura 17 – Interface gráfica da planilha interativa.....	76
Figura 18 – Ferramenta aplicada a um determinado objeto de aprendizagem BIM.....	77
Figura 19 – Detalhamento de um objeto de aprendizagem.....	78
Figura 20 – Interface gráfica de escolha do Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC.....	89
Figura 21 – Projeto compatibilizado em BIM para levantamento de quantitativos.....	90
Figura 22 – Apresentação do projeto simplificado.....	90
Figura 23 – Informações armazenadas em um componente de piso.....	91
Figura 24 – Apresentação dos componentes integrados ao sistema de alvenaria.....	91
Figura 25 – Tabela de quantitativos dos materiais que compõem a parede de alvenaria....	92
Figura 26 – Tabela de quantitativos das paredes internas e externas.....	93
Figura 27 – Quantitativo de forros, guarda-corpo e portas.....	93
Figura 28 – Quantitativo de janelas, pisos e telhado.....	94
Figura 29 – Bússola de Aprendizagem voltada ao Objeto de Aprendizagem BIM GC- LQC.....	95

Figura 30 – Competências, usos e propósitos do Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC	96
Figura 31 – Nível da Taxonomia de Bloom do Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC..	97
Figura 32 – Interface gráfica de escolha do Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC.....	103
Figura 33 – Projeto compatibilizado em BIM para planejamento da construção.....	104
Figura 34 – Planejamento de execução da obra – Parte 1.....	105
Figura 35 – Planejamento de execução da obra – Parte 2.....	106
Figura 36 – Planejamento de execução da obra – Parte 3.....	107
Figura 37 – Cronograma de execução da infraestrutura das casas.....	108
Figura 38 – Cronograma de execução da casa geminada A.....	109
Figura 39 – Cronograma de execução da casa geminada B.....	110
Figura 40 – Vinculação do cronograma ao projeto compatibilizado em BIM.....	111
Figura 41 – Esquema da simulação da construção.....	112
Figura 42 – Bússola de Aprendizagem voltada ao Objeto de Aprendizagem BIM GC- PEC.....	113
Figura 43 – Competências, usos e propósitos do Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC	114
Figura 44 – Nível da Taxonomia de Bloom do Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC...	115
Figura 45 – Interface gráfica de escolha do Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC.....	121
Figura 46 – Projeto compatibilizado em BIM para controle de obras.....	122
Figura 47 – Planejamento macro da obra.....	123
Figura 48 – Atividades planejadas e executadas da Casa Geminada A.....	123
Figura 49 – Visualização do Gráfico de Gantt.....	124
Figura 50 – Comparação entre planejado x executado para atividade “Revestimentos” da Casa Geminada A.....	124
Figura 51 – Simulação comparativa entre “Planejado” x “Executado”.....	126
Figura 52 – Datas planejadas e executadas para a execução do telhado das casas geminadas.....	126
Figura 53 – Bússola de Aprendizagem voltada ao Objeto de Aprendizagem BIM GC- CEC.....	127
Figura 54 – Competências, usos e propósitos do Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC	128
Figura 55 – Nível da Taxonomia de Bloom do Objeto de Aprendizagem GC-CEC.....	128
Figura 56 – Interface gráfica de escolha do Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI.....	134
Figura 57 – Planta baixa do empreendimento.....	135
Figura 58 – Vista frontal em perspectiva do empreendimento.....	135

Figura 59 – Vista posterior em perspectiva do empreendimento.....	136
Figura 60 – Vista renderizada do empreendimento.....	136
Figura 61 – Demonstrativo da delimitação das áreas.....	137
Figura 62 – Planta de área da área de lazer do empreendimento.....	138
Figura 63 – Planta de área do pavimento térreo do empreendimento.....	139
Figura 64 – Planta de área do pavimento tipo do empreendimento.....	140
Figura 65 – Exportação do pavimento tipo do condomínio do Revit para o Inventor.....	141
Figura 66 – Rastreamento dos componentes.....	141
Figura 67 – Delimitação da área privativa coberta e área comum coberta.....	142
Figura 68 – Delimitação das áreas privativas cobertas.....	143
Figura 69 – Tabelas com as áreas no Revit.....	144
Figura 70 – Tabelas exportadas para o Excel e aplicação dos coeficientes.....	144
Figura 71 – Cálculo do custo global da construção.....	146
Figura 72 – Figura 72 – Bússola de Aprendizagem voltada ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI.....	147
Figura 73 – Competências, usos e propósitos do Objeto de Aprendizagem BIM GC- ACCI.....	148
Figura 74 – Nível da Taxonomia de Bloom do Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI.	149
Figura 75 – Interface gráfica de escolha do Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE.....	154
Figura 76 – Projeto compatibilizado em BIM – Vista Nordeste.....	155
Figura 77 – Projeto compatibilizado em BIM – Vista Sudeste.....	155
Figura 78 – Cenários relacionados ao sistema estrutural do empreendimento.....	156
Figura 79 – Simulação de execução concreto armado.....	157
Figura 80 – Simulação de execução light steel frame.....	158
Figura 81 – Atividades e gráfico de Gantt para o sistema de concreto armado.....	159
Figura 82 – Atividades e gráfico de Gantt para o sistema de light steel frame.....	160
Figura 83 – Figura 83 – Bússola de Aprendizagem voltada ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE.....	161
Figura 84 – Competências, usos e propósitos do Objeto de Aprendizagem BIM GC- AVEE.....	162
Figura 85 – Nível da Taxonomia de Bloom do Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE	163
Figura 86 – Informações dos objetos de aprendizagem BIM que integram a ferramenta...	170

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Principais diferenças entre as DCNs de 2002 e 2019.....	36
Quadro 2 – Usos do Modelo em Domínios (UMD).....	40
Quadro 3 – Propósitos do BIM.....	46
Quadro 4 – Conjunto de competências gerenciais.....	49
Quadro 5 – Conjunto de competências administrativas.....	49
Quadro 6 – Conjunto de competências funcionais.....	50
Quadro 7 – Conjunto de competências operacionais.....	51
Quadro 8 – Conjunto de competências técnicas.....	51
Quadro 9 – Conjunto de competências de implementação.....	52
Quadro 10 – Conjunto de competências de suporte.....	52
Quadro 11 – Conjunto de competências de P&D.....	53
Quadro 12 – Características da Design Science Research.....	57
Quadro 13 – Dificuldades que discentes apresentam em relação aos conteúdos de GCC I/UFC.....	61
Quadro 14 – Lista de conteúdos trabalhados na disciplina de GCC I/UFC.....	61
Quadro 15 – Integração do BIM à disciplina de GCC I/UFC.....	63
Quadro 16 – Vantagens e desvantagens do uso do BIM no ensino de GCC I/UFC.....	63
Quadro 17 – Organização dos objetos de aprendizagem BIM quanto ao plano de ação.....	71
Quadro 18 – Critérios de avaliação da ferramenta de planejamento do ensino- aprendizagem.....	79
Quadro 19 – Modelo de levantamento de informações sobre os docentes.....	80
Quadro 20 – Modelo de avaliação da ferramenta de acordo com os critérios estabelecidos.	80
Quadro 21 – Publicações selecionadas do ENEBIM.....	85
Quadro 22 – Publicações selecionadas na RSL.....	87
Quadro 23 – Competências e habilidades das DCNs possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC.....	97
Quadro 24 – Competências Gerenciais do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC.....	99
Quadro 25 – Competências Administrativas do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC.....	99

Quadro 26 – Competências Funcionais do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC.....	100
Quadro 27 – Competências Operacionais do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC.....	100
Quadro 28 – Competências Técnicas do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC.....	100
Quadro 29 – Competências de Implementação do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC.....	101
Quadro 30 – Competências de Suporte do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC.....	101
Quadro 31 – Competências P&D do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC.....	101
Quadro 32 – Propósitos do BIM voltados ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC.....	102
Quadro 33 – Usos do Modelo voltados ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC.....	102
Quadro 34 – Competências e habilidades das DCNs possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC.....	115
Quadro 35 – Competências Gerenciais do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC.....	117
Quadro 36 – Competências Administrativas do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC.....	118
Quadro 37 – Competências Funcionais do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC.....	118
Quadro 38 – Competências Operacionais do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC.....	119
Quadro 39 – Competências Técnicas do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC.....	119
Quadro 40 – Competências P&D do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC.....	119
Quadro 41 – Propósitos do BIM utilizados pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC..	120
Quadro 42 – Usos do Modelo utilizados pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC.....	120
Quadro 43 – Competências e habilidades das DCNs possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC.....	129

Quadro 44 – Competências Gerenciais do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC.....	131
Quadro 45 – Competências Administrativas do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC.....	132
Quadro 46 – Competências Funcionais do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC.....	132
Quadro 47 – Competências Operacionais do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC.....	132
Quadro 48 – Competências Técnicas do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC.....	132
Quadro 49 – Competências P&D do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC.....	133
Quadro 50 – Propósitos do BIM voltados ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC.....	133
Quadro 51 – Usos do Modelo voltados ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC.....	133
Quadro 52 – Competências e habilidades das DCNs possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI.....	149
Quadro 53 – Competências Gerenciais do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI.....	150
Quadro 54 – Competências Administrativas do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI.....	151
Quadro 55 – Competências Funcionais do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI.....	151
Quadro 56 – Competências Operacionais do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI.....	151
Quadro 57 – Competências Técnicas do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI.....	152
Quadro 58 – Competências de Implementação do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI.....	152
Quadro 59 – Competências de Suporte do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI.....	152
Quadro 60 – Competências P&D do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI.....	152
Quadro 61 – Propósitos do BIM voltados ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI.....	153

Quadro 62 – Usos do Modelo voltados ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI.....	153
Quadro 63 – Competências e habilidades das DCNs possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE.....	164
Quadro 64 – Competências Gerenciais do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE.....	165
Quadro 65 – Competências Administrativas do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE.....	165
Quadro 66 – Competências Funcionais do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE.....	165
Quadro 67 – Competências Operacionais do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE.....	166
Quadro 68 – Competências Técnicas do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE.....	166
Quadro 69 – Competências P&D do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE.....	166
Quadro 70 – Propósitos do BIM voltados ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE.....	167
Quadro 71 – Usos do Modelo voltados ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE.....	167
Quadro 72 – Informações gerais dos entrevistados.....	168
Quadro 73 – Avaliação dos entrevistados quanto aos critérios definidos.....	168
Quadro 74 – Comentários feitos pelos entrevistados quanto aos critérios definidos.....	169
Quadro 75 – Relacionamento entre as características da DSR e o trabalho desenvolvido....	171

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dificuldades sobre os conteúdos de orçamentação.....	82
Tabela 2 – Dificuldades sobre os conteúdos de planejamento e controle de obras.....	82
Tabela 3 – Dificuldades sobre os conteúdos de incorporação.....	82
Tabela 4 – Dificuldades sobre os conteúdos de estudo de viabilidade.....	82

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Abenge	Associação Brasileira de Educação em Engenharia
ABP	Aprendizagem Baseada em Problemas
ABPj	Aprendizagem Baseada em Projetos
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
BIMe	<i>BIM Excellence Initiative</i>
BIM BR	Estratégia Nacional de Disseminação do BIM
BIMPEP	Plano de Execução do Projeto BIM
BDI	Benefícios e Despesas Indiretas
CAD	Desenho assistido por computador
CIC	<i>Computer Integrated Construction</i>
CPM	<i>Critical Path Method</i>
DCNs	Diretrizes Curriculares Nacionais
DSR	<i>Design Science Research</i>
ENEBIM	Encontro Nacional sobre o Ensino de BIM
GCC	Gerenciamento da Construção Civil
IES	Instituições de Ensino Superior
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
LOB	Linha de Balanço
LOD	Nível de desenvolvimento
LPS	<i>Last Planner System</i>
MFV	Mapeamento do Fluxo de Valor
OAC	Objeto de Aprendizagem Concebido
OAD	Objeto de Aprendizagem Desenvolvido
PSU	<i>Pennsylvania State University</i>
P&D	Pesquisa e desenvolvimento
RSL	Revisão Sistemática da Literatura
TDICs	Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação
TICs	Tecnologias da Informação e Comunicação
UFC	Universidade Federal do Ceará
UMD	Usos do Modelo em Domínios

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	22
1.1	Problema e questão de pesquisa	22
1.2	Pressuposto de pesquisa	25
1.3	Objetivos.....	26
1.3.1	<i>Objetivo geral</i>	26
1.3.2	<i>Objetivos específicos</i>	27
1.4	Justificativa	27
1.5	Estrutura do trabalho	30
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	32
2.1	Diretrizes Curriculares Nacionais de Cursos de Graduação em Engenharia	32
2.2	Taxonomia de Bloom.....	36
2.3	Aprendizagem Baseada em Projetos.....	38
2.4	Building Information Modeling	39
2.4.1	<i>Conceituação</i>	39
2.4.2	<i>Usos do modelo</i>	39
2.4.3	<i>Propósitos do BIM</i>	46
2.4.4	<i>A utilização do BIM na área da educação</i>	47
2.4.5	<i>Competências BIM</i>	48
2.4.6	<i>Conclusão da Revisão Bibliográfica</i>	53
3	METODOLOGIA	54
3.1	Paradigma	54
3.2	Tipo de pesquisa	55
3.3	Estratégia de pesquisa	56
3.4	Delineamento da pesquisa.....	58
3.4.1	<i>Conscientização do problema</i>	59
3.4.2	<i>Sugestões</i>	69
3.4.3	<i>Desenvolvimento</i>	74
3.4.4	<i>Avaliação</i>	79
3.4.5	<i>Conclusão</i>	80
4	RESULTADOS	81
4.1	Conscientização do problema	81
4.1.1	<i>Identificação das dificuldades de aprendizagem sobre os conteúdos de Gerenciamento da Construção</i>	81

4.1.2	<i>Integração do BIM aos conteúdos de Gerenciamento da Construção: Como integrar e quais as vantagens e as desvantagens dessa integração na aprendizagem?</i>	83
4.1.3	<i>O cenário atual do uso do BIM no ensino de Gerenciamento da Construção em ambiente nacional.....</i>	85
4.1.4	<i>O cenário atual do uso do BIM no ensino de Gerenciamento da Construção em ambiente internacional</i>	86
4.1.5	<i>Competências e habilidades essenciais à formação de discentes</i>	88
4.2	Desenvolvimento de objetos de aprendizagem BIM.....	88
4.2.1	Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC: Levantamento de Quantitativos e de Custos	89
4.2.1.1	<i>Descrição do Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC</i>	89
4.2.1.2	<i>Vinculação do Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC à bússola de aprendizagem..</i>	95
4.2.1.3	<i>Análise das competências e dos usos relacionados ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC.....</i>	97
4.2.2	Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC: Planejamento de Execução da Construção	103
4.2.2.1	<i>Descrição do Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC</i>	103
4.2.2.2	<i>Vinculação do Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC à bússola de aprendizagem</i>	112
4.2.2.3	<i>Análise das competências e dos usos relacionados ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC.....</i>	115
4.2.3	Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC: Controle de Execução da Construção ...	121
4.2.3.1	<i>Descrição do Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC</i>	121
4.2.3.2	<i>Vinculação do Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC à bússola de aprendizagem</i>	127
4.2.1.3	<i>Análise das competências e dos usos relacionados ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC.....</i>	129
4.2.4	Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI: Avaliação de Custos de Construção para Incorporação.....	134
4.2.4.1	<i>Descrição do Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI.....</i>	134
4.2.4.2	<i>Vinculação do Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI à bússola de aprendizagem.....</i>	146
4.2.4.3	<i>Análise das competências e dos usos relacionados ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI</i>	149
4.2.5	Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE: Análise da Viabilidade de Execução do Empreendimento	154
4.2.5.1	<i>Descrição do Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE</i>	154
4.2.5.2	<i>Vinculação do Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE à bússola de aprendizagem.....</i>	160
4.2.5.3	<i>Análise das competências e dos usos relacionados ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE.....</i>	163

4.3	Avaliação da ferramenta proposta.....	167
4.4	Síntese	170
5	CONCLUSÃO.....	171
5.1	Lições aprendidas	171
5.2	Coerência à metodologia apresentada	171
5.3	Coerência aos objetivos propostos	172
5.4	Limitações da pesquisa.....	173
5.5	Sugestões de trabalhos futuros	173
	REFERÊNCIAS.....	175
	APÊNDICE A – RESPOSTAS DE DISCENTES SOBRE DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM EM GCC I / UFC	185
	APÊNDICE B – RESPOSTAS DE DISCENTES SOBRE A INTEGRAÇÃO DO BIM A CONTEÚDOS DE GCC I / UFC.....	211
	APÊNDICE C – VANTAGENS E DESVANTAGENS DA INTEGRAÇÃO DO BIM À GCC I / UFC.....	215
	APÊNDICE D – PUBLICAÇÕES DO ENEBIM RELACIONADAS AO ENSINO DE GERENCIAMENTO DA CONTRUÇÃO.....	217
	APÊNDICE E – PUBLICAÇÕES INTERNACIONAIS RELACIONADAS AO ENSINO DE GERENCIAMENTO DA CONTRUÇÃO.....	221
	APÊNDICE F (APPENDIX F) – LINKS DE ACESSO AOS ARQUIVOS DOS OBJETOS DE APRENDIZAGEM BIM E A INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES.....	234
	ANEXO A – CARACTERÍSTICAS DAS DCNs DOS CURSOS DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA.....	235

1 INTRODUÇÃO

Esta pesquisa foi iniciada pela constatação de um problema prático cuja resolução possibilitou gerar contribuições teóricas relevantes, as quais puderam ser aplicadas e convertidas em melhorias no ensino-aprendizagem de conteúdos de engenharia. Para tanto, através da escolha da disciplina de Gerenciamento da Construção Civil I (GCC I), voltada ao curso de graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará (UFC), procurou-se entender seu atual contexto de ensino, identificando ineficiências do processo, bem como necessidades as quais se desejavam atender para facilitar a aprendizagem de discentes. É importante atentar que este trabalho se dirige a cursos de graduação em engenharia, como um todo, não somente ao campo de Gerenciamento da Construção, além de outros cursos, como arquitetura, design de interiores, etc, devido sua viabilidade de adaptação a outros campos e conteúdos.

1.1 Problema e questão de pesquisa

Para Mattos (2006) *apud* Mattana (2017) gerenciar obras integra a realização de diversas atividades, entre orçamentos, compras, gestão de pessoas, comunicações internas e planejamento de atividades. Além disso, cada um desses assuntos apresenta diversos conteúdos específicos, os mesmos se relacionam a outros de áreas distintas, como projetos, através do levantamento de quantitativos; sistemas construtivos, através da análise das características do empreendimento e de seus sistemas; engenharia econômica, através da montagem de fluxo de caixa e cálculo de índices, importantes para avaliar a viabilidade de execução do empreendimento.

Em orçamentação, por exemplo, o assunto é tão amplo e complexo, que seu termo pode ser definido de diversas maneiras. Silva et al. (2015) o define como o cálculo dos custos necessários para se executar uma obra ou um empreendimento. De acordo com os mesmos autores, quanto mais detalhado um orçamento, maior semelhança haverá entre o orçamento e o custo total do empreendimento. Já Losso (1995) *apud* Domingues (2002) o define como a discriminação de todos os serviços e materiais necessários convertidos em quantidades e valores financeiros para executar uma obra. Segundo Avila, Librelotto e Lopes (2003) a orçamentação é uma etapa importante do processo de projeto, pois torna possível determinar o custo de um determinado projeto. Ainda segundo os autores, o orçamento pode auxiliar a análise da viabilidade de execução do empreendimento em etapas iniciais do processo.

Silva et al. (2015) comentam que existem diversos tipos de orçamento, entre eles: Estimativa de Custos, Orçamento Sintético, Orçamento Preliminar e Orçamento Analítico (ou detalhado), onde cada tipo de orçamento apresenta suas especificidades. A estimativa de custos, por exemplo, corresponde a um orçamento simplificado da obra, com grande incerteza, pois é caracterizado pelo produto de dois parâmetros apenas: a área de construção e o custo unitário por metro quadrado de construção; o orçamento sintético mostra apenas o preço dos serviços e o preço total; o orçamento analítico apresenta menor incerteza devido ser elaborado por meio da composição de custos, de forma detalhada, onde se busca encontrar um valor próximo ao do custo real do empreendimento.

As etapas de um orçamento podem variar dependendo das especificidades de cada tipo de empreendimento, no entanto, de uma maneira geral, Silva et al. (2015) comentam que as principais etapas são: análise das características do empreendimento; levantamento de quantitativos; composição de custos unitários; e aplicação dos Benefícios e Despesas Indiretas (BDI).

Em referência ao planejamento de obras são realizadas atividades relativas à definição das atividades da obra e sequência de construção, à estimativa das durações de cada atividade, e à escolha dos recursos necessários para realizar tais atividades (SALGADO, 2016 *apud* MATTANA, 2017). Tais incumbências podem ser realizadas de diferentes maneiras, desde atividades conduzidas de maneira informal à sistemas de planejamento e controle complexos, como o *Last Planner System* (LPS). Neste, para entender melhor a complexidade deste tipo de planejamento, Rosa, Isatto e Reck (2017) comentam que o referido sistema integra três níveis de planejamento: nível estratégico (longo prazo), nível tático (médio prazo) e nível operacional (curto prazo).

Em relação ao planejamento de curto prazo, Ballard (1994) comenta que seu principal papel é agir em nível operacional, ao atribuir tarefas para serem desempenhadas pelas equipes semanalmente através de pacotes de trabalho. Devem ser decididas as tarefas que devem ser executadas, a sequência, a carga de trabalho e os prazos de execução de cada pacote de trabalho (TOMMELEIN; BALLARD, 1997).

Em referência ao planejamento de médio prazo, Ballard (1997) afirma que ele integra o nível estratégico e o nível operacional, protegendo a produção contra incertezas decorrentes de eventuais faltas de recursos, conferindo, assim, um papel tático. O autor ainda afirma que tal planejamento é elaborado para permitir que o gerente possa identificar e selecionar, a partir do plano de longo prazo, quais os trabalhos deverão ser executados nas semanas seguintes. Após a determinação de quais atividades serão executadas, cabe ao gerente

tomar as providências necessárias para que essas atividades possam ser realmente executadas, ou ainda, realizar a reprogramação daquelas atividades que não estão prontas para serem conduzidas.

Por fim, quanto ao Planejamento Estratégico, Bernardes (2001) comenta que o mesmo corresponde ao primeiro passo do processo de planejamento e que tem como finalidade estabelecer datas-marco dos serviços a serem realizados, devendo ser compatível ao fluxo de caixa previsto da empresa. Dentre as ferramentas mais utilizadas no planejamento de longo prazo, estão: Gráfico de Gantt, *Critical Path Method* (CPM), *Precedence Diagramming Method* (PDM), entre outros (ICHIHARA, 1997). Outra ferramenta bastante conhecida é a Linha de Balanço (LOB), a qual é recomendada para realizar a programação de longo prazo de empreendimentos e edifícios de múltiplos-pavimentos. Esta ferramenta é adequada ao planejamento de prédios com unidades que se repetem, podendo ser elaboradas com base em variáveis como lotes de produção e tempo de ciclo (HEINECK, 1996).

Tendo em vista a elevada quantidade de conteúdos que englobam a área de Gerenciamento da Construção, a alta complexidade dos assuntos, o seu relacionamento a conceitos ensinados em disciplinas que são pré-requisitos, e a necessidade de manipular diversas ferramentas para trabalhar nesta área, a qualificação de discentes nesta área representa um grande desafio a docentes. Dessa maneira, é comum que discentes apresentem **dificuldades de aprendizagem quanto a conteúdos de Gerenciamento da Construção**, sendo este o problema de pesquisa.

Além da grande diversidade de conteúdos necessários à formação de discentes na área de Gerenciamento da Construção, sabe-se que cada um destes envolve o desenvolvimento de diversas competências e habilidades, como técnicas, comunicação, liderança (ABMES, 2019), essenciais ao processo de formação dos alunos. Somado a isso, a grande complexidade dos assuntos exige que discentes desenvolvam elevados níveis de cognição (BLOOM, 1983).

Diante do problema exposto, destaca-se a seguinte questão de pesquisa:

“Como facilitar a aprendizagem de conteúdos de Gerenciamento da Construção e o desenvolvimento de competências e habilidades em discentes?” .

1.2 Pressuposto de pesquisa

Esta pesquisa considera que o problema de pesquisa decorre não somente pela grande quantidade de conteúdos que a área de Gerenciamento da Construção envolve, mas também pela elevada complexidade dos assuntos, os quais exigem elevados níveis de cognição.

Recursos da Tecnologia da Informação, como o *Building Information Modeling* (BIM) podem facilitar a resolução de problemas de elevada complexidade (DOSSICK; NEFF, 2011). Wu e Issa (2013) comentam que o BIM possui potenciais benefícios para melhorar a aprendizagem de conteúdos de construção através do valor que agrega ao processo de aprendizagem, como melhorias em visualização de projetos proporcionadas por modelos tridimensionais, maior facilidade de entendimento de projetos complexos e do relacionamento dos sistemas que integram a edificação, como elementos de instalações, de estruturas e de arquitetura.

Paralelamente, Checcucci (2014) argumenta que o BIM pode potencializar o aprendizado do processo de projeto, além do entendimento da construção e da gestão de uma edificação, auxiliando o desenvolvimento de diversas competências necessárias para um engenheiro civil. Segundo a autora, o BIM é “um meio de representação que introduz novos elementos na configuração instrumental e cognitiva do estudante” (CHECCUCCI, 2014, p. 24), dessa maneira, ele mantém o processo organizado ao reunir todas as informações em um único modelo, facilitando a interpretação das informações da construção contidas no mesmo (CHECCUCCI, 2014).

Uma outra contribuição que a utilização do BIM pode oferecer em relação a melhorias de aprendizagem diz respeito à interdisciplinaridade vertical (MEDEIROS, 2015). Por meio do relacionamento entre disciplinas, discentes podem trabalhar em um mesmo modelo desde disciplinas iniciais do curso, proporcionando uma maior integração entre as disciplinas, bem como entre seus conteúdos. Como benefício, a familiaridade com o modelo desenvolvido ao longo do processo de formação do aluno em relação aos aspectos de projetos (arquitetônico, estrutural, instalações, etc), por exemplo, proporciona um ambiente mais favorável à aprendizagem dos conteúdos de Gerenciamento da Construção, principalmente quanto aos aspectos de gestão e planejamento da obra através do modelo desenvolvido.

Checcucci (2014) menciona que o uso de modelos BIM também auxilia na aquisição de habilidades e noções espaciais, importantes para os estudantes de engenharia e arquitetura. A autora ainda chama a atenção que para trabalhar com o BIM, os discentes devem ter atitudes como ser flexível, organizado, proativo, colaborativo e ter olhar crítico, além de

dispor de habilidades, como saber interpretar dados e informações, ter capacidade de trabalhar com informações multimodais, e trabalhar em equipe.

Apesar de todos os benefícios apresentados ao integrar o BIM à aprendizagem, o mesmo não deve ser incorporado ao ensino de qualquer maneira. Checcucci (2014) traz algumas orientações para utilizar BIM nos cursos de engenharia e arquitetura, dentre elas: avaliar os obstáculos que possam existir; definir qual nível de formação em BIM se deseja promover aos alunos; definir a estratégia de integração entre as disciplinas universidade; definir o método de ensino-aprendizagem; e definir como serão propostas as avaliações das disciplinas.

Isto posto, entende-se que a utilização do BIM contribui ao ensino de conteúdos de engenharia se sua incorporação ao processo de formação de discentes for bem planejada e organizada.

Então, parte-se do pressuposto de que:

“A partir da concepção e utilização de uma ferramenta de planejamento do ensino-aprendizagem de conteúdos de engenharia que utiliza o BIM, é possível melhorar a aprendizagem dos conteúdos e facilitar o desenvolvimento de competências e habilidades voltados à formação de discentes”.

1.3 Objetivos

Os objetivos da pesquisa são apresentados em geral e específicos. Os objetivos específicos representam as metas que foram estabelecidas para serem alcançadas ao longo da pesquisa, orientadas ao atendimento do objetivo geral.

1.3.1 Objetivo geral

Propor uma ferramenta de planejamento do ensino-aprendizagem de conteúdos de engenharia auxiliada pelo BIM, voltando-se ao desenvolvimento de competências e habilidades em discentes.

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Identificar as dificuldades de aprendizagem de discentes em relação a conteúdos de engenharia, mais especificamente em relação aos conteúdos de Gerenciamento da Construção – campo da engenharia escolhido para este trabalho;
- b) Desenvolver objetos de aprendizagem BIM com o intuito de reduzir as dificuldades de aprendizagem relatadas pelos discentes;
- c) Caracterizar os objetos de aprendizagem BIM propostos quanto a competências e habilidades, usos do modelo, propósitos do BIM e nível cognitivo de acordo com a taxonomia de Bloom.

1.4 Justificativa

Este trabalho se justifica por meio de sua originalidade e relevância. Em relação à originalidade, refere-se à abordagem da integração do BIM ao ensino de conteúdos da área de Gerenciamento da Construção por meio do desenvolvimento de uma ferramenta de planejamento do ensino-aprendizagem de conteúdos de engenharia, diferindo de outros trabalhos desenvolvidos, já que esta pesquisa não se volta especificamente a aplicações do BIM no ensino de conteúdos específicos, como na elaboração de orçamentos ou no planejamento de execução da construção, como pode ser visto nos trabalhos de Zhang e Xie (2019); Bademosi, Blinn e Issa (2019); Andrade e Griz (2019); Barbosa, Sousa e Gonçalves (2019); Flores e Saraiva (2019); Giesta e Costa (2019); Huang (2018); Yi e Yun (2018); Ramalingam (2018); Castro e Travassos (2018); Pereira e Ribeiro (2018); Murguia e Brioso (2017); Brioso, Murguia e Urbina (2017); Wu e Hyatt (2016); Basto e Junior (2016); Lee e Reeder (2016); Leite (2016); Bozoglu (2016); Philipp (2015); Wang e Leite (2014); Ghosh (2012); Clevenger, Glick e Puerto (2012); Hyatt (2011). Quanto à relevância, a pesquisa está relacionada a um tema bastante atual e que representa uma necessidade a ser melhor explorada, tendo em vista a constante busca em propor melhorias no ensino em cursos de graduação de engenharia.

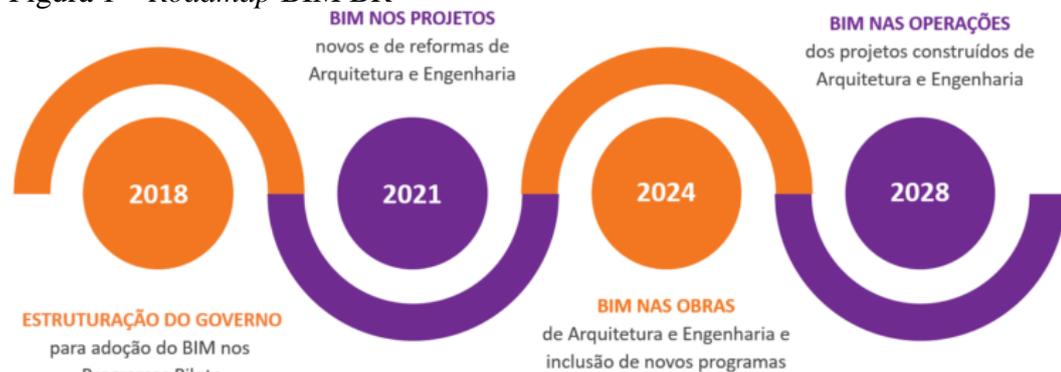
Uma das questões que justificam o incentivo da utilização do BIM integrado ao ensino de Gerenciamento da Construção é capacitar discentes para a atuação prática (WOO, 2007). Nota-se que empresas de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) vêm introduzindo progressivamente ferramentas BIM (SABOL, 2008), tendo em vista que os projetos de construção estão se tornando cada vez mais complexos e difíceis em termos de execução (BRYDE; BROQUETAS; VOLM, 2013; MATTANA, 2017). Dessa maneira, o BIM é bastante

útil ao compartilhar informações com maior precisão e eficiência, pois são medidas diretamente do modelo digital (SABOL, 2008), facilitando a comunicação entre os colaboradores em situações de maior complexidade técnica, além de possibilitar quantificar custos, riscos e analisar critérios sustentáveis para a tomada de decisões ao longo do ciclo de vida da edificação (KAEWUNRUEN; LIAN, 2019).

Por apresentar diversos benefícios, tais como os mencionados, diversos países incentivam a utilização do BIM em seus processos através do poder público. O governo do Reino Unido, por exemplo, determinou desde o ano de 2016 que todos os projetos elaborados para o setor público têm que ser desenvolvidos em BIM. Dessa forma, visando atender aos requisitos da indústria AEC, muitas universidades do Reino Unido começaram a integrar o BIM ao currículo acadêmico (MCGOUGH; AHMED; AUSTIN, 2013).

No Brasil, a situação não é diferente. O Governo Federal iniciou o fomento ao uso do BIM através de três decretos. Inicialmente foi instituído o Decreto nº 9.377, assinado em maio de 2018, o qual estabeleceu a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM (Estratégia BIM BR), visando promover um ambiente adequado à difusão do BIM no Brasil (MDIC, 2018). Posteriormente, em agosto de 2019, foi estabelecido o Decreto nº 9.983, o qual atualiza o decreto anterior e institui o Comitê Gestor da Estratégia do Building Information Modeling. Por fim, em abril de 2020, foi estabelecido o Decreto nº 10.306, o qual estabelece a utilização do BIM na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal. Percebe-se, através da Figura 1, que as obrigаторiedades da Estratégia BIM BR são baseadas no ciclo de vida da edificação, portanto, inicialmente o BIM deve ser utilizado no desenvolvimento de projetos, seguido na execução de obras e, em certo momento, na fase de operação da edificação, para gerenciar o “pós-obra”.

Figura 1 – *Roadmap* BIM BR



Fonte: Ferroni (2020).

Apesar da adoção do BIM no Brasil ainda estar em estágios iniciais de implementação, tanto o mercado de trabalho quanto o meio acadêmico vêm adaptando suas rotinas com as recentes inovações (MATTANA, 2017). No meio acadêmico, nota-se que a tendência é a introdução do BIM aos currículos dos cursos ligados ao setor da construção, como a Arquitetura e Urbanismo e a Engenharia Civil (NATUMI, 2013; DELATORRE, 2014; BARISON, 2015), onde a universidade tem o papel fundamental de apresentar aos futuros profissionais esse novo processo de trabalho, preparando-os para a atuação no campo profissional (DELATORRE, 2014; RUSCHEL; ANDRADE; MORAIS, 2013).

Diversas são as vantagens oferecidas pela integração do BIM ao ensino, entre elas maior precisão e automatização na elaboração de orçamentos de projetos de construção, e a melhor compreensão dos projetos pelos alunos (GIER, 2007). Tais benefícios são somados ao integrar o BIM a outras Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs). Através da realidade aumentada, por exemplo, discentes podem melhorar significativamente a percepção da realidade ao facilitar a leitura de projetos de grande complexidade e entender seus processos construtivos (SHANBARI et al., 2016).

Apesar das vantagens, e também de haver crescente demanda pela utilização do BIM em programas acadêmicos (MAGIERA, 2013), percebe-se que muitas Instituições de Ensino Superior (IES) ainda não usufruem do grande potencial de uso do BIM e de tecnologias auxiliares na educação. Diversos são os fatores para isto, entre eles: a relutância em mudar o currículo acadêmico existente; a falta de espaço em currículos existentes para incluir novas disciplinas integradas ao BIM; a falta de equipamentos e laboratórios de informática adequados ao treinamento de discentes em relação ao BIM; a falta de professores especializados em BIM; a necessidade de maior integração entre indústria (projetistas e construtores) e universidades; a baixa quantidade de recursos financeiros destinados à implantação do BIM em IES (PANUWATWANICH et al., 2013; ABBAS, DIN, FAROOQUI, 2016; BECKER, JASELSKIS, MCDERMOTT, 2011). Somado a isso, têm-se que a maioria das experiências didáticas utilizando o BIM no Brasil ainda ocorrem em disciplinas isoladas, sem maior integração e colaboração de diferentes equipes (RUSCHEL; ANDRADE; MORAES, 2013), não aproveitando assim todos os potenciais benefícios ao trabalhar com o BIM no processo de aprendizagem. Ademais, Abbas, Din e Farooqui (2016) complementam que um outro obstáculo corresponde à escassez de planos ou modelos que contemplem a utilização do BIM voltada à educação, o que dificulta ainda mais sua integração à academia.

Nota-se então que IES desempenham um papel fundamental à indústria AEC: formar profissionais com habilidades em BIM (TANG; JIN; FANG, 2015). No entanto, tais

habilidades vão além do simples manuseio de ferramentas BIM, envolvendo o desenvolvimento de competências e habilidades (WOO, 2007). Diante de tais obstáculos que dificultam a utilização do BIM de maneira efetiva no ambiente de ensino, bem como objetivando soluções que facilitem o ensino dos conteúdos de engenharia para oferecer melhorias na aprendizagem de discentes e no desenvolvimento de competências e habilidades, o presente trabalho propõe a elaboração de uma ferramenta de planejamento do ensino-aprendizagem de conteúdos de engenharia auxiliada pelo BIM, voltando-se ao desenvolvimento de competências e habilidades importantes à formação de discentes.

1.5 Estrutura do trabalho

O trabalho está dividido em cinco capítulos: Introdução; Revisão Bibliográfica; Metodologia; Resultados; e Conclusão.

O primeiro, no qual a presente seção a compõe, introduz a pesquisa, apresentando inicialmente o problema e a questão que motivou a realização desta, seguido pelo pressuposto de pesquisa, objetivos, entre geral e específicos, e justificativas, onde se buscou fundamentar a escolha de uma solução, no caso o desenvolvimento de uma ferramenta de planejamento do ensino-aprendizagem de conteúdos de engenharia por meio de objetos de aprendizagem BIM, para problema identificado.

O segundo, o qual compreende a Revisão Bibliográfica, proporciona uma fundamentação teórica à pesquisa ao trazer conceitos sobre as Diretrizes Curriculares Nacionais, a Taxonomia de Bloom, a Aprendizagem Baseada em Projetos, e o *Building Information Modeling*, apresentando sua conceituação, competências, usos do modelo e aplicações na área da educação.

O terceiro, denominado metodologia, caracteriza a pesquisa quanto ao paradigma, ao tipo, e à estratégia. Neste também é apresentado o delineamento da pesquisa, ou seja, os procedimentos a serem executados no trabalho.

O quarto, o qual compreende os Resultados, apresenta os efeitos da realização da pesquisa, onde foram identificadas dificuldades de aprendizagem de discentes em relação aos conteúdos de Gerenciamento da Construção, bem como o cenário atual de utilização do BIM voltados a estes conteúdos. Também foram identificadas competências e habilidades essenciais à formação destes. Ainda no capítulo, são desenvolvidos os objetos de aprendizagem BIM voltados aos assuntos de levantamento de quantitativos e de custos, planejamento e controle de execução da construção, avaliação de custos de construção para incorporação, e análise da

viabilidade de execução do empreendimento. Ao final, a ferramenta proposta é avaliada com o intuito de entender se está adequada a solucionar o problema que motivou a realização do trabalho.

Finalmente, o quinto capítulo, denominado Conclusão, busca findar a pesquisa ao apresentar a coerência desta à metodologia e aos objetivos propostos, explicitando suas limitações e indicando sugestões que possibilitem o aprimoramento da mesma. A Figura 2 apresenta a estrutura do trabalho.

Figura 2 – Estrutura do trabalho

Introdução	Revisão Bibliográfica	Metodologia	Resultados	Conclusão
Problema de pesquisa	Diretrizes Curriculares Nacionais	Paradigma	Dificuldades de aprendizagem	Coerência à metodologia apresentada
Questão de pesquisa	Taxonomia de Bloom	Tipo de pesquisa	Atual cenário de utilização do BIM	Coerência aos objetivos propostos
Hipótese de pesquisa	Aprendizagem Baseada em Projetos	Estratégia de pesquisa	Competências e habilidades	Limitações da pesquisa
Objetivos (geral e específicos)	Building Information Modeling	Delineamento da pesquisa	Objetos de Aprendizagem BIM	Sugestões de trabalhos futuros
Justificativas e contribuições			Avaliação da ferramenta proposta	

Fonte: O autor.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O capítulo da revisão bibliográfica corresponde à fundamentação teórica da pesquisa, onde são apresentados conceitos importantes para a compreensão da ferramenta que desenvolvida neste trabalho. Os conteúdos compreendem Diretrizes Curriculares Nacionais, Taxonomia de Bloom, Aprendizagem Baseada em Projetos e *Building Information Modeling*.

2.1 Diretrizes Curriculares Nacionais de Cursos de Graduação em Engenharia

Segundo a ABMES (2019), as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) dos cursos de graduação em engenharia, formuladas pela Mobilização Empresarial pela Inovação, fórum vinculado à Confederação Nacional da Indústria em conjunto com a Associação Brasileira de Educação em Engenharia (Abenge), conduzem IES no processo de formação de discentes nas diversas áreas de engenharia. Até o início do ano de 2019 estava em vigor a Resolução CNE/CES 11, de março de 2002, no entanto, devido a necessidade de atualização das DCNs, em 24 de abril de 2019, entrou em vigor a Resolução nº 2.

De uma forma geral, as DCNs estão voltadas a seis assuntos de grande relevância para o funcionamento dos cursos de graduação em engenharia, sendo eles: Perfil esperado do egresso e suas áreas de atuação; Organização dos cursos de graduação em engenharia; Atividades curriculares; Implementação e avaliação; Perfil dos docentes; e Competências e habilidades gerais na formação de discentes. As características das DCNs dos anos de 2002 e 2019 estão apresentadas no Anexo A, ao final do trabalho.

Comparando as DCNs de 2002 e 2019, em relação ao “perfil desejado do egresso e suas áreas de atuação”, as DCNs são bastante semelhantes. Nota-se neste assunto que as DCNs de 2019 visam apenas complementar as DCNs de 2002. Entre os pontos convergentes, as duas visam formar discentes com visão humanista, crítica e reflexiva. Nelas são valorizadas a atuação crítica e criativa do aluno, o qual deve usufruir dos potenciais benefícios proporcionados por recursos tecnológicos para a resolução de problemas enfrentados pela sociedade. Ainda em relação às semelhanças, ambas buscam considerar os diferentes aspectos políticos, econômicos e sociais da sociedade no processo de formação dos alunos, incentivando o desenvolvimento sustentável da sociedade. Apesar de bastante parecidas no processo de formação dos discentes, alguns pequenos ajustes foram sugeridos por meio das DCNs de 2019, como o estímulo à comunicação entre os discentes através da adoção de perspectivas multidisciplinares e transdisciplinares. Outra diferenciação diz respeito às áreas de atuação dos

discentes: enquanto as DCNs de 2002 não referenciam o assunto, as DCNs de 2019 sugerem que os discentes devem ser formados para atuarem em todo o ciclo de vida e o contexto do projeto de produtos, sistemas, processos produtivos e empreendimentos, incentivando a inovação e a constante atualização profissional.

Em relação ao assunto “organização dos cursos de graduação em engenharia”, existem semelhanças e diferenças em relação às DCNs de 2002 e 2019. Quanto aos pontos convergentes, ambas as DCNs estão voltadas a organizarem os cursos de graduação por meio de um projeto pedagógico, o qual deve contemplar conteúdos básicos, profissionalizantes e específicos para a formação dos alunos, sempre voltados a atenderem competências e habilidades que devem ser estimuladas ao longo do processo de formação. Em relação aos pontos divergentes, nota-se diferenças em relação ao método de ensino, pois enquanto as DCNs de 2002 sugerem que os critérios do processo de ensino-aprendizagem devem ser definidos de acordo com as particularidades e objetivos definidos pela IES no processo de formação, as DCNs de 2019 objetivam estimular o uso de metodologias de aprendizagem ativa, vislumbrando um ensino mais centrado no aluno.

Quanto às “atividades curriculares”, como semelhanças entre as DCNs de 2002 e 2019 estão o incentivo a atividades de iniciação científica, projetos multidisciplinares, interdisciplinares e transdisciplinares, atividades em equipe, participação de empresas juniores, entre outras atividades empreendedoras. Percebe-se que as DCNs de 2019 estimulam outras atividades que não são mencionadas nas DCNs de 2002, como competições acadêmicas, projetos de extensão, atividades de voluntariado, visitas técnicas, desenvolvimento de protótipos e monitorias. Em relação à organização das atividades, ambas as DCNs estimulam o desenvolvimento de atividades individuais e em grupo, pois existem competências e habilidades voltadas às duas formas. Quanto à interdisciplinaridade e à aproximação ao mercado de trabalho, as DCNs de 2019 recomendam que sejam implementadas desde o início do curso de graduação atividades que promovam a integração e interdisciplinaridade entre os alunos, expondo o discente a um ambiente com grande diversidade técnica, científica, econômica, social, ambiental e ética, sempre vislumbrando simular situações as quais os mesmos irão se deparar no mercado de trabalho.

Em referência à “implementação e avaliação”, as DCNs de 2002 e de 2019 recomendam que a avaliação da aprendizagem e o desenvolvimento de competências dos discentes devem ser realizadas em um processo contínuo, sempre em busca de propor melhorias ao processo. As DCNs de 2019 também recomendam que existam a promoção frequente de fóruns com participação de profissionais, empresas e outras organizações públicas e privadas,

a fim de debater demandas sociais, humanas e tecnológicas, as quais proporcionem ao discente uma aproximação com o mercado para acompanhar a constante evolução da engenharia. Uma outra característica particular trazida pelas DCNs de 2019 dizem respeito a uma maior proximidade entre a IES e o egresso, onde a àquela deve buscar acompanhar a atuação do egresso para retroalimentar o curso. Sobre o processo de implementação da resolução, as DCNs de 2019 estabelecem que os cursos de engenharia devem se adequar à resolução até o ano de 2022, podendo implementar tais ações de forma gradual ou imediata, com a devida anuência dos alunos.

Em relação ao “perfil dos docentes”, enquanto as DCNs de 2002 não trazem recomendações a respeito, as DCNs de 2019 sugerem que os docentes devem apresentar domínio conceitual e pedagógico, que englobe estratégias de ensino ativas, pautadas em práticas interdisciplinares, incentivando o desenvolvimento das competências desejadas de discentes.

Por fim, quanto às “competências e habilidades gerais na formação de discentes”, apesar de algumas similaridades entre as DCNs de 2002 e 2019, este é o assunto de maior diferenciação entre ambas.

As DCNs de 2002 vislumbram o desenvolvimento de competências e habilidades em seis áreas distintas: técnica, empreendedora, liderança, comunicação, trabalho em equipe e resolução de problemas. Quanto à área técnica, deve-se estimular a aplicação de conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais à engenharia. Em relação à área de resolução de problemas, deve-se estimular a identificação e resolução de problemas de engenharia através da avaliação dos impactos das atividades de engenharia no contexto social e ambiental, agindo de forma ética e com responsabilidade profissional, e garantindo a viabilidade econômica dos projetos. Em referência à área empreendedora, deve-se estimular a concepção, o projeto e a análise de sistemas, produtos e processos através da condução de experimentos e da interpretação de resultados, desenvolvendo novas ferramentas ou técnicas, assumindo uma postura permanente em busca de atualização profissional. Quanto à área de liderança, deve-se estimular o planejamento, a supervisão e a coordenação de projetos e serviços, tanto relacionadas às atividades de operação como de manutenção, buscando solucionar problemas de engenharia. Quanto à área de comunicação, deve-se estimular a comunicação eficiente nas formas escrita, oral e gráfica, e em relação à área de trabalho em equipe, deve-se estimular a atuação em equipes multidisciplinares.

Já em relação às competências e habilidades das DCNs de 2019, elas devem ser voltadas a sete diferentes áreas: técnica, resolução de problemas, empreendedora, liderança, comunicação, trabalho em equipe, normalização e resolução de problemas complexos. Em

referência à área técnica, deve-se estimular a compreensão de fenômenos físicos e químicos por meio do emprego de ferramentas matemáticas, estatísticas, computacionais e de simulação, desenvolvendo modelos e validando os mesmos através da experimentação. Quanto à área de resolução de problemas, deve-se estimular a resolução de problemas de engenharia por meio de técnicas adequadas e da capacidade criativa do discente, devendo o mesmo formular soluções executáveis, as quais atendam aos contextos sociais, culturais, legais, ambientais e econômicos da sociedade. Se tais problemas forem complexos, deve-se estimular a capacidade de assumir atitude investigativa e autônoma, com vistas à aprendizagem de forma contínua e à produção de novos conhecimentos. Em relação à área empreendedora, deve-se estimular a concepção e o projeto de produtos, componentes e processos por meio de soluções criativas, que sejam viáveis em termos técnicos e econômicos. Quanto à área de liderança, deve-se estimular a aplicação de conceitos de gestão para planejar, supervisionar, elaborar e coordenar as soluções de engenharia, tanto em relação à força de trabalho, como em relação ao uso de recursos físicos disponíveis, capacitando-os para exercerem liderança em todos os seus aspectos de produção, de finanças, de pessoal e de mercado. Em relação à área de comunicação, deve-se estimular a comunicação eficiente nas formas escrita, oral e gráfica, expressando-se sem dificuldades na língua pátria ou idiomas diferentes do português, inclusive por meio do uso consistente de Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs). Em referência à área de trabalho em equipe, deve-se estimular o trabalho em equipes multidisciplinares, de forma colaborativa, proativa, ética e profissional, lidando com diferentes culturas, mediante trabalhos presenciais ou à distância. E, por fim, quanto à normalização, deve-se estimular o conhecimento à legislação e aos atos normativos no âmbito do exercício da profissão, respeitando-os, agindo de forma ética, e avaliando os impactos das atividades de engenharia na sociedade e no meio ambiente.

Diante do apresentado, nota-se que as DCNs de 2019 vislumbram uma complementação das DCNs de 2002, buscando adequar as DCNs a importantes conceitos nos dias de hoje. Além da inclusão de uma nova área, a qual diz respeito à “normalização”, as principais diferenças entre as DCNs dos referidos anos podem ser visualizadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Principais diferenças entre as DCNs de 2002 e 2019

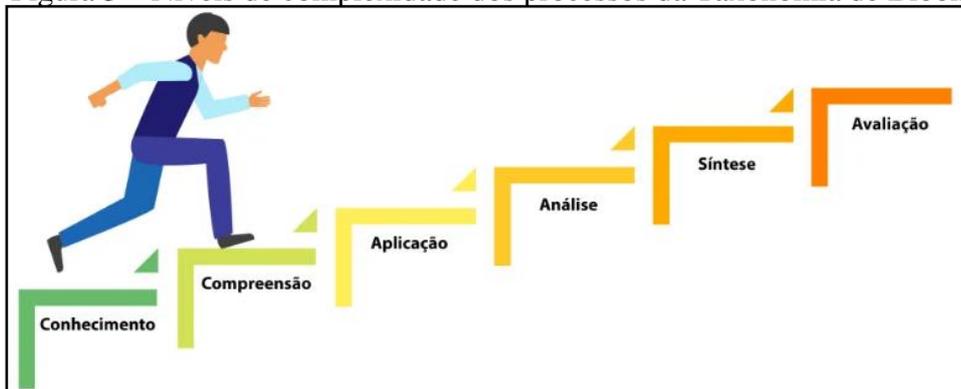
Principais diferenças entre as DCNs de 2002 e 2019 quanto às competências e habilidades gerais	
Áreas	Incentivos extras contemplados nas DCNs de 2019 que não foram referenciados pelas DCNs de 2002
Técnica	Incentivo ao uso consistente de TDICs e de recursos computacionais, tal como simulações;
Resolução de problemas	Incentivo ao desenvolvimento e experimentação de modelos;
	Incentivo à postura investigativa e autônoma;
	Incentivo à aquisição de novos conhecimentos e à aprendizagem de forma contínua;
Empreendedora	Incentivo ao desenvolvimento de soluções criativas e inovadoras;
Liderança	Incentivo a exercer liderança em empreendimentos em todos os seus aspectos de produção, de finanças, de pessoal e de mercado;
Comunicação	Incentivo ao domínio de idiomas diferentes do português;
	Incentivo a saber lidar com diferentes culturas;
Trabalho em equipe	Incentivo ao trabalho colaborativo e proativo;
	Incentivo ao trabalho presencial ou à distância;
Normalização	Incentivo ao conhecimento da legislação e dos atos normativos no âmbito do exercício da profissão.

Fonte: O autor com base nas DCNs.

2.2 Taxonomia de Bloom

De acordo com a taxonomia de Bloom, desenvolvida por Benjamin Bloom e colaboradores, existem seis principais categorias do domínio cognitivo: “conhecimento, compreensão, aplicação, análise, síntese e avaliação” (BLOOM et al., 1983, p. 3-7). Baseado nessa Taxonomia, pode-se identificar diferentes níveis de complexidade do processo de aprendizagem, como mostra a Figura 3.

Figura 3 – Níveis de complexidade dos processos da Taxonomia de Bloom



Fonte: Adaptado de Bloom et al. (1983).

Ainda segundo Bloom (1983), o nível “conhecimento” traz referência à habilidade de identificar a informação, partindo de situações anteriores; o nível “compreensão” referencia a habilidade de demonstrar a compreensão da informação, possibilitando sua reprodução por

meio de ideias próprias; o nível “aplicação” é referente à habilidade de usufruir da informação em situações ou problemas concretos; o nível “análise” se refere à habilidade de estruturar a informação, separando as partes e estabelecendo relações para explicá-las; o nível “síntese” traz referência à habilidade de relacionar a informação de diferentes fontes, para a produção de uma nova informação; e o nível “avaliação” se refere à habilidade de fazer julgamentos de valor sobre algo, considerando critérios conhecidos.

Ao assimilar o ensino de Gerenciamento da Construção ao domínio cognitivo proposto por Bloom (1983), nota-se que esta área de ensino se enquadra em diferentes níveis de cognição.

O primeiro nível (conhecimento) é atingido ao aluno incorporar conteúdos previamente aprendidos em disciplinas que são pré-requisitos a disciplinas de Gerenciamento da Construção, mas que possuem fundamental importância à aprendizagem de conteúdos trabalhados nestas, por exemplo, leitura e análise de projetos (arquitetura, estruturas, instalações), levantamento de quantitativos, análise de sistemas construtivos, montagem de fluxo de caixa.

O segundo nível (compreensão) é atingido devido se perceber que a partir de conceitos previamente aprendidos os alunos são capazes de relacionar informações a novos conhecimentos, como a elaboração de orçamentos. Infelizmente, algumas vezes o ensino de Gerenciamento da Construção se limita aos dois níveis cognitivos apresentados, onde discentes aprendem aspectos conceituais (teoria), mas não os aplica na prática. Neste ponto, nota-se a contribuição do BIM ao ser integrado ao ensino, onde, através de aplicações práticas, pode-se elaborar e manusear modelos que concretizem a aprendizagem de conteúdos de engenharia, como aplicações para a extração de quantitativos, simulações que facilitam o planejamento e o controle de obras e análise de custos.

Após integrar os conceitos aprendidos à prática, os alunos são capazes de atingirem os próximos níveis de cognição (análise e síntese), como na utilização do BIM para a extração de quantitativos de materiais utilizados em projetos de construção.

Finalmente, nota-se que o último nível (avaliação) pode ser atingido quando discentes se tornam capazes de estabelecerem relações entre todo o processo, por exemplo, através da análise de custos do projeto e do planejamento da execução da obra, pode-se avaliar a viabilidade de um empreendimento, determinando se a obra é viável de ser executada ou não. Diante do apresentado, percebe-se então o potencial do BIM em conduzir o aprendizado de conteúdos de Gerenciamento da Construção a níveis superiores da taxonomia de Bloom.

2.3 Aprendizagem Baseada em Projetos

Segundo Chinowsky et al. (2006), modelos tradicionais de ensino, que tratam alunos como receptores passivos de conteúdos ensinados de forma linear, privam os discentes da oportunidade de usufruírem de uma aprendizagem ativa. Para proporcionar uma metodologia de aprendizagem ativa, a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABPj), considerada uma maneira inovadora no ramo da educação, foi desenvolvida a partir da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) (GRAAFF; KOLMOS, 2003; ZOLIN; FRUCHTER; LEVITT, 2003; OPDAHL; MONSTAD; GRAHL-MADSEN, 2004).

A ABPj tem sido cada vez mais utilizada por educadores para ajudar alunos a vivenciarem os desafios do mercado de trabalho (ZHANG; XIE, 2019). Uma grande vantagem deste método consiste em incentivar o aprendizado tanto no âmbito individual, como no coletivo, onde os próprios alunos constroem o conhecimento (LIU et al., 2010), desenvolvendo habilidades de criticismo, criatividade (KUBIATKO; VACULOVÁ, 2011), liderança e comunicação (WALTERS; SIROTIK, 2011). Os conteúdos são multidisciplinares e estimulam o compartilhamento de conhecimento entre os membros das equipes (DU; GRAAFF; KOLMOS, 2009; CARROLL, 2005; NARGUNDKAR; SAMADDAR; MUKHOPADHYAY, 2014; YAMAGUHI et al., 2004).

Yamaguchi et al. (2004) comentam que enquanto a ABP consiste em fazer que alunos resolvam problemas complexos e reais, explorando o tema por um longo período de tempo, a ABPj é um método de aprendizagem que busca solucionar problemas baseados em projetos, de forma mais focada e objetiva. Outra diferença entre os métodos consiste no foco de cada uma, ou seja, enquanto a ABP busca focar seus estudos no “problema” e no “aluno”, a ABPj busca focar seus estudos apenas no “aluno”, ou seja, são os alunos quem delimitam o trabalho e estabelecem os objetivos a serem atingidos de maneira independente.

Wu e Hyatt (2016) sugerem que o método ABPj oferece aos discentes a oportunidade de vivenciarem uma experiência de integração entre a universidade, a indústria AEC e as comunidades locais, explorando o potencial empreendedor e social destes. No entanto, apesar de grande potencial de aplicação, Zhang e Xie (2019) comentam que poucos estudos foram desenvolvidos envolvendo a utilização deste método aplicado ao BIM.

2.4 Building Information Modeling

Esta seção da revisão bibliográfica tratar-se-á do Building Information Modeling (BIM), onde se explanará sua conceituação, os usos do modelo, os propósitos, as competências e sua vinculação à área da educação.

2.4.1 Conceituação

Apesar de todas as vantagens proporcionadas pelo desenho assistido por computador (CAD), muitos ainda possuem dificuldade em interpretar desenhos elaborados em duas dimensões (2D). Isso é resultado, muitas vezes, da inexperiência em visualizar componentes de construção por meio de linhas e símbolos (IRIZARRY et al., 2012). Com o advento do BIM, caracterizado como um conjunto de Tecnologias, Processos e Políticas, permitindo profissionais AEC projetar, construir e operar uma construção no espaço virtual (SUCCAR, 2009; 2017), foi possível elaborar modelos que fossem mais acessíveis a todos os envolvidos e não apenas aos que estão habituados à simbologia dos projetos (KYMMELL, 2008). Nota-se sua grande contribuição ao integrar processos, eliminando ineficiências e inconveniências em projetos (CAMPBELL, 2007).

Projetos elaborados em BIM possibilitam a otimização do planejamento da construção, pois há um menor consumo de materiais e de recursos humanos, e melhorias em termos financeiros (EASTMAN et al., 2008). O BIM deve integrar e gerenciar todas as informações da edificação ao longo de todo o seu ciclo de vida, envolvendo as etapas de projeto, construção, operação, manutenção e desconstrução (AZHAR, 2011; BRYDE, BROQUETAS, VOLM, 2013; WANG et al., 2016). Apesar de sua utilização ser extremamente importante na etapa de projeto (DING, 2008; BERARDI, 2012; TODD et al., 2001; KOHLER; MOFFATT, 2003), o BIM também deve ser igualmente utilizado ao longo dos outros estágios do ciclo de vida da edificação, a fim de proporcionar edifícios mais eficientes, em termos energéticos ou hídricos, por exemplo, e de melhor desempenho (WONG e ZHOU, 2015; EADIE et al., 2013).

2.4.2 Usos do modelo

De acordo com a *BIM Excellence Initiative* (BIMe) (2020), os Usos do Modelo em Domínios (UMD) são específicos a cada atividade laboral. Atualmente existem 76 UMDs

voltados a atividades de construção, os quais são chamados também, de maneira simplificada, de usos do BIM. Tais usos são classificados em sete categorias: Captura e Representação; Planejamento e Projeto; Simulação e Quantificação; Construção e Fabricação; Operação e Conservação; Monitoramento e Controle; e Vinculação e Extensão. Estes são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 – Usos do Modelo em Domínios (UMD)

Cód.	Conjunto	Usos do Modelo	Descrição
2010	Captura e Representação	Documentação 2D	Tipo de uso que representa como desenhos 2D são extraídos de modelos 3D ricos em informações. Normalmente os desenhos incluem seções, elevações, detalhes, etc.
2020		Detalhamento 3D	Tipo de uso que representa como detalhes tridimensionais são extraídos de modelos 3D ricos em informações. Tais detalhes normalmente incluem vistas híbridas em 2D-3D.
2030		Representação da construção	Tipo de uso onde modelos 3D são gerados para servirem como as-built temporários ou modelos de registro permanentes. As representações da construção são obtidas por processos mecânicos (por exemplo, através de medições em campo) e/ou por processos semiautomáticos (por exemplo, digitalização a laser).
2040		Projeto Generativo	Tipo de uso onde ferramentas BIM e de outros softwares específicos são usados para explorar a forma geométrica ou outra função específica da construção por meio de algoritmos.
2050		Digitalização a laser	Tipo de uso que envolve o processo de geração dados (nuvem de pontos) de estruturas construídas, terrenos e vegetações, por meio de scanners a laser fixos, móveis ou aerotransportados.
2060		Fotogrametria	Tipo de uso que representa o processo automático ou semiautomático de geração de modelos 3D por meio de fotografias e análise de imagens.
2070		Manutenção de registros	Tipo de uso que representa como modelos 3D são gerados e mantidos como modelos de registro.
2080		Topografia	Tipo de uso onde modelos 3D são utilizados para estabelecer relações dimensionais, incluindo medidas de distância horizontal, direção, elevação e angulação, na superfície terrestre. A topografia é normalmente utilizada para delimitar limites da propriedade, gerar mapas e estabelecer o layout de construção.
2090		Comunicação visual	Tipo de uso onde modelos 3D são gerados ou aprimorados com o propósito de transmitir características visuais, espaciais ou funcionais, por meio de renderizações, visões aéreas, cenografia ou holografia.
3010	Planejamento e Projeto	Concepção do empreendimento	Estudo de concepção é um uso do modelo que permite uma investigação inicial das possibilidades de design e dos requisitos espaciais de uma construção. A concepção ocorre durante o estudo de viabilidade e utiliza ferramentas específicas de análise de requisitos espaciais.
3020		Planejamento de construção	Tipo de uso onde um modelo BIM é utilizado para planejar, organizar ou testar atividades de construção diante de restrições (por exemplo, tempo, recursos humanos e materiais).

Continuação do Quadro 2 – Usos do Modelo em Domínios (UMD)

Cód.	Conjunto	Usos do Modelo	Descrição
3030	Planejamento e Projeto	Planejamento de demolição	Tipo de uso onde modelos 3D são usados para planejar ou monitorar atividades de demolição de estruturas existentes (ou partes delas).
3040		Autoria de projetos	Tipo de uso que representa o processo de desenvolvimento de projetos generativos ou modelos paramétricos para fins de exploração do projeto, comunicação e interação entre os envolvidos. A autoria de projetos é uma atividade fundamental do BIM que conduz à documentação 2D, ao detalhamento 3D, entre outras entregas relacionadas ao modelo.
3050		Planejamento de desastres	Tipo de uso onde modelos 3D são utilizados para simular situações de incêndio em prédios, explosões, terremotos, entre outras similares. O comportamento de sistemas de construção, de indivíduos e de multidões são incluídos nessa simulação.
3060		Análise do processo <i>Lean</i>	Tipo de uso que representa como modelos 3D são utilizados para minimizar desperdícios de materiais, de tempo e de esforços para conduzir o processo ao seu máximo valor.
3070		Planejamento de execução estrutural	Tipo de uso onde modelos 3D são utilizados para planejar a execução (ou erguimento) de pilares metálicos, painéis pré-moldados, paredes de cortina, entre outros itens modularizados durante a construção.
3080		Planejamento de operações	Tipo de uso onde modelos 3D são utilizados para planejar respostas operacionais a eventos programados ou potenciais incidentes. O planejamento de operações visa evitar/minimizar interrupções ao funcionamento normal de edificações (por exemplo, planejar como operações padrão necessitam ser alteradas durante um grande evento esportivo).
3090		Seleção e Especificação	Tipo de uso que representa como modelos 3D são utilizados para a identificação, a seleção, a especificação e a aquisição de elementos / materiais.
3100		Programação espacial	Tipo de uso onde modelos 3D são utilizados para analisar requisitos espaciais de clientes. A programação espacial ocorre durante o estudo de concepção do empreendimento e pode usufruir ferramentas de análise espacial específicas.
3110		Planejamento urbano	Tipo de uso onde modelos 3D são utilizados para planejar espaços urbanos, sistemas de transportes e áreas de lazer. O planejamento urbano baseado em modelos pode integrar dados provenientes de diversos bancos de dados, incluindo informações sobre propriedades, terras, zonas e tráfego.
3120		Análise de valor	Tipo de uso que representa como modelos 3D são utilizados para a gestão de valor.
4010	Simulação e Quantificação	Análise de Acessibilidade	Tipo de uso onde modelos 3D são utilizados para avaliar se uma edificação permite acesso direto (não assistido) ou indireto a portadores de necessidades especiais, como deficiências de visão, de audição e de mobilidade.
4020		Análise Acústica	Tipo de uso que representa como modelos 3D são utilizados para orientar estudos de som, simulação de disposição de equipamentos de som, simulação de isolamento/atenuação sonora, além de orientar a escolha de materiais de revestimento interno de edificações.

Continuação do Quadro 2 – Usos do Modelo em Domínios (UMD)

Cód.	Conjunto	Usos do Modelo	Descrição
4030	Simulação e Quantificação	Simulação de Realidade Aumentada	Tipo de uso onde modelos 3D - combinados com outras tecnologias - permitem aos usuários experimentarem a sobreposição de objetos virtuais em ambientes reais. Ao contrário da simulação de Realidade Virtual, a Realidade Aumentada (AR) é apenas parcialmente "imersiva", possibilitando que imagens dos ambientes físico e virtual apareçam de maneira integrada. A AR é normalmente experimentada por meio de telas portáteis, equipamentos vestíveis, hologramas e projeções.
4040		Detecção de choque (e prevenção)	Tipo de uso onde modelos 3D são utilizados para coordenar diferentes disciplinas (por exemplo, estruturas, instalações) e para identificar/resolver possíveis conflitos entre elementos virtuais antes de serem construídos ou fabricados.
4050		Verificação e validação de código	Tipo de uso que representa o processo de inspecionar um arquivo, documento ou modelo BIM para buscar estabelecer conformidade com especificações pré-definidas ou códigos de voltados a aspectos geométricos, de desempenho ou de segurança pré-definidos.
4060		Análise de construtibilidade	Tipo de uso onde o modelo 3D é utilizado para revisar os processos/métodos construtivos ao longo da fase de projeção. O objetivo da análise de construtibilidade é identificar potenciais obstáculos, falhas de projeto, atrasos de cronograma e estouros de orçamentos.
4065		Análise de Operação de Construção	-
4070		Estimativa de custo	Tipo de uso que representa como modelos 3D são utilizados para gerar estudos de viabilidade e para comparar diferentes opções de orçamentos.
4080		Análise de entrada e saída de pessoas em uma edificação	Tipo de uso onde modelos 3D são usados para simular o comportamento individual (ou de multidões) dentro de uma edificação, seja em situações corriqueiras ou de emergência. Simulações de saída e entrada de indivíduos colaboram para identificar e melhorar o acesso à edificação, a circulação de indivíduos e o plano de rotas de fuga do local.
4090		Análise de utilização de energia	Tipo de uso voltado à medição do desempenho de edificações, o qual mede o quanto uma edificação consome de energia. Construções de alto desempenho normalmente consomem menos energia (eletricidade para iluminação, combustíveis fósseis para aquecimento, etc) quando se comparado a outras de menor desempenho.
4100		Análise de elementos finitos	Tipo de uso que representa como modelos 3D são utilizados em análises virtuais voltadas à simulação do comportamento estrutural ou ao uso de materiais específicos que visam descobrir se/quando/como estes componentes se deformam antes de serem fabricados ou construídos. Para análises estruturais, a análise de elementos finitos pode ser utilizada para analisar distribuições de tensão e possíveis deslocamentos de carga.
4110		Simulação de fogo e fumaça	Tipo de uso que representa como modelos 3D são utilizados para simular o comportamento de fogo ou fumaça dentro de uma edificação. Tal simulação visa auxiliar a elaboração/modificação de projetos voltados a análises de circulação de indivíduos, de ventilação, de sistemas de combate a incêndio, entre outros.

Continuação do Quadro 2 – Usos do Modelo em Domínios (UMD)

Cód.	Conjunto	Usos do Modelo	Descrição
4120	Simulação e Quantificação	Análise de iluminação	Tipo de uso onde modelos 3D são utilizados para simular diferentes níveis de iluminação natural e artificial de um ambiente. Este uso não se limita a aspectos de visualização e renderização, mas sim é voltado principalmente para análises de desempenho de uma edificação.
4130		Extração de quantitativos	Tipo de uso que representa como modelos 3D são utilizados para calcular a quantidade de mobiliários, utensílios, equipamentos e materiais de construção com a finalidade de gerar estimativas de custo.
4140		Análise de refletividade	Tipo de uso onde modelos 3D são utilizados para simular a incidência (angulação e intensidade) de luz solar refletida nas superfícies das edificações. A análise de refletividade é baseada em simulações computacionais voltadas ao estudo de fluidos.
4150		Avaliação de risco e perigo	Tipo de uso que representa como modelos 3D são utilizados para (i) identificar, (ii) analisar, e (iii) avaliar riscos e perigos operacionais. Por exemplo, um modelo BIM pode ser elaborado para identificar e analisar situações de perigo em canteiros de obras (por exemplo, potenciais riscos de queda, movimentação de veículos, contato com produtos químicos corrosivos ou fiação exposta) e então avaliar o nível de risco que tal situação possa oferecer a colaboradores ou transeuntes.
4160		Análise de segurança (voltada ao colaborador)	Tipo de uso onde modelos 3D são utilizados para analisar espaços e simular ações com o objetivo de proporcionar um ambiente seguro aos trabalhadores, livre de riscos à saúde. Como exemplo, um avatar é utilizado para analisar se as dimensões de um poço ou de um telhado são adequadas para garantir o trânsito de um operário de manutenção. Tais modelos também podem ser utilizados para analisar a segurança em áreas de alto risco, como ambientes elevados.
4170		Análise de segurança (voltada ao ambiente)	Tipo de uso onde modelos 3D são utilizados para a condução de auditorias virtuais. Elas podem incluir a análise de vulnerabilidade a ataques terroristas, de pontos de acesso, de sinalização de locais de segurança, de rotas de tráfego, de sistemas de bloqueio/desbloqueio, e de localização/cobertura de câmeras de segurança.
4180		Análise do local de construção e/ou canteiro de obras	Tipo de uso onde ferramentas BIM e/ou ferramentas GIS (Sistema de Informações Geográficas) são utilizadas para definir o melhor local de construção e/ou de instalação do canteiro de obras.
4190		Análise Solar	Tipo de uso onde modelos 3D são utilizados para realizar estudos de sombras, de radiação solar, e dos efeitos de localização/forma geométrica de edificações na formação de ilhas de calor.
4200		Análise espacial	Tipo de uso onde modelos 3D são utilizados para coordenar a colocação de objetos de acordo com suas características espaciais no interior de uma edificação.
4210		Análise estrutural	Tipo de uso onde modelos 3D são utilizados para analisar o comportamento do sistema estrutural de uma edificação. A análise estrutural normalmente inclui estudos sobre cargas estáticas / dinâmicas em edifícios e a análise da possibilidade de modificações estruturais futuras.

Continuação do Quadro 2 – Usos do Modelo em Domínios (UMD)

Cód.	Conjunto	Usos do Modelo	Descrição
4220	Simulação e Quantificação	Análise de sustentabilidade	Tipo de uso onde modelos 3D são utilizados para analisar o impacto ambiental de um novo projeto de construção ou de uma edificação existente. Tal análise pode incluir pegada de carbono, avaliação do ciclo de vida, energia incorporada, entre outras.
4230		Análise térmica	Tipo de uso onde modelos 3D são utilizados para analisar cargas térmicas, interação com sistemas mecânicos e escolha de materiais para o projeto. A análise térmica é uma subárea de estudos que envolvem o desempenho de edificações.
4240		Simulação de Realidade Virtual	Tipo de uso onde modelos 3D são parte de um ambiente imersivo o qual usuários experimentam, através de simulação computacional, lugares e objetos. Ao contrário da Simulação por Realidade Aumentada, a Realidade Virtual normalmente exige a imersão total do usuário em salas de multiprojeção (CAVE) e/ou com o auxílio de óculos especiais e outros equipamentos específicos.
4250		Análise do ciclo de vida	Tipo de uso que apresenta como diversos métodos são aplicados a modelos BIM para identificar e avaliar impactos ambientais (por exemplo, resíduos) de edificações ou de materiais de construção ao longo de toda a sua vida útil.
5030	Construção e Fabricação	Pré-fabricação de mobiliário	Tipo de uso onde modelos 3D são utilizados para projetar, detalhar, fabricar unidades modulares de mobília para posterior instalação / montagem em campo.
5040		Pré-moldagem de concreto	Tipo de uso onde modelos 3D são utilizados para projetar, detalhar e orientar a pré-moldagem de painéis de concreto para sua posterior instalação / montagem em campo.
5050		Logística de construção	Tipo de uso onde modelos 3D são utilizados para planejar o deslocamento da equipe / equipamentos no local de construção, analisar sistemas construtivos e planejar quando colocar / onde colocar / quando remover estruturas temporárias. Logística de construção também se refere à análise do fluxo de materiais de construção, sua colocação e seu armazenamento.
5055		Gestão de Resíduos de Construção	-
5060		Pré-fabricação de conjuntos mecânicos	-
5070		Moldagem de chapa metálica	Tipo de uso onde modelos 3D agregam informações computacionais sobre características de chapas metálica, garantindo conformidade ao seu processo de fabricação. Tais processos incluem dobras, ondulações, perfurações, cortes (laser ou jato de d'água), entre outros.
5080		Organização do canteiro	Tipo de uso onde modelos BIM e equipamentos específicos são utilizados para identificar o local de instalação de elementos pré-fabricados no canteiro (por exemplo, onde cavar um buraco, erguer uma parede ou colocar uma tubulação).
6010		Operação e Conservação	Manutenção de ativos

Continuação do Quadro 2 – Usos do Modelo em Domínios (UMD)

Cód.	Conjunto	Usos do Modelo	Descrição
6020	Operação e Conservação	Aquisição de ativos	Tipo de uso onde os modelos 3D são utilizados para gerenciar a aquisição de ativos operacionais (por exemplo, mobiliários e peças de reposição). A aquisição de ativos inclui avaliações, negociações, licitações, compras, leasing, contratação de longo prazo, levantamento de estoque e alienação de ativos.
6030		Rastreamento de ativos	Tipo de uso onde modelos 3D são utilizados para rastrear a localização de ativos fixos e móveis. O Rastreamento de Ativos é uma subárea do Gerenciamento de Ativos e pode incluir o uso de RFIDs entre outras tecnologias de rastreamento / etiquetagem.
6040		Inspeção de edifícios	Tipo de uso onde modelos 3D são utilizados como meio para inspecionar e relatar o estado ou as condições de uma construção nova ou já existente, verificando se seu uso atende a normas específicas.
6050		Entregas e Instruções	Tipo de uso onde modelos 3D são utilizados para conduzir resultados provenientes da fase de construção ao atendimento a requisitos da fase de operação. O uso denominado "entregas e instruções" compreende documentos (por exemplo, manuais, certificados e garantias) a serem apresentados e atividades a serem concluídas (por exemplo, treinamento operacional) antes de um ativo (ou componente do ativo) ser transferido do construtor / fornecedor ao proprietário / operador.
6060		Gestão de Realocação	Tipo de uso onde modelos 3D são utilizados para planejar e gerenciar a realocação de ativos móveis dentro de uma edificação.
6070		Gestão de Espaços	Tipo de uso onde modelos 3D são utilizados para gerenciar a ocupação de ativos físicos em espaços ou locais. O gerenciamento de espaços é uma subárea do gerenciamento de ativos.
7010	Monitoramento e Controle	Automação Predial	Tipo de uso onde modelos BIM são utilizados para monitorar ou controlar uma edificação por meio de um sistema de gestão de edifícios.
7020		Aplicação do BIM em campo	Tipo de uso que representa como modelos 3D integrados a bancos de dados são acessados em campo (por exemplo, no canteiro de obras). Por meio de um tablet, laptop, smartphone ou equipamento vestível, o usuário pode inspecionar projetos, responder solicitações de esclarecimento, fazer anotações, preencher check-lists, relatar um problema ou conduzir diversas informações.
7030		Monitoramento de Desempenho	Tipo de uso onde modelos 3D são utilizados para monitorar e gerenciar o uso de energia, entre outros aspectos de desempenho da edificação.
7040		Utilização em tempo real	Tipo de uso onde modelos 3D são utilizados para exibir informações alimentadas em tempo real por sensores distribuídos ao redor de um edifício ou canteiro de obras. Tais informações podem incluir ocupação atual, temperatura, umidade, toxicidade e consumo de energia.
7050		Monitoramento de integridade estrutural	-
8010	Vinculação e Extensão	Vinculação BIM / Especificação de material	Tipo de uso onde modelos BIM são vinculados a especificações de produtos. O relacionamento entre os componentes do modelo e as características do produto pode ser assíncrono, unilateral ou bidirecional.

Continuação do Quadro 2 – Usos do Modelo em Domínios (UMD)

Cód.	Conjunto	Usos do Modelo	Descrição
8020	Vinculação e Extensão	Vinculação BIM / ERP	Tipo de uso que representa uma integração entre informações de modelos BIM (por exemplo, metadados de componentes e de espaço) a informações gerenciadas por ERPs (por exemplo, finanças, RH e módulos de inventário).
8030		Vinculação BIM / FM	Tipo de uso que representa a integração de tecnologias e processos BIM com produtos, bancos de dados e fluxos de trabalho relacionados ao gerenciamento de instalações.
8040		Vinculação BIM / GIS	Tipo de uso que representa como os modelos BIM são utilizados para se integrarem a Sistemas de Informações Geográficas (GIS).
8050		Vinculação BIM / IOT	Tipo de uso que representa como modelos BIM são utilizados para se integrarem a recursos da Internet das Coisas (IOT), rede de equipamentos, sensores, componentes vestíveis, proporcionando benefícios voltados à automação predial, à utilização em tempo real e ao rastreamento de ativos.
8060		Vinculação BIM / PLM	Tipo de uso que representa como modelos BIM são utilizados para se integrarem ao gerenciamento do ciclo de vida de empreendimentos (PLM).
8070		Vinculação BIM / Serviços Web	Tipo de uso que representa como modelos BIM se vinculam a redes financeiras, sistemas de reservas para acomodação e uma variedade de serviços baseados na web.

Fonte: Adaptado de BIME (2020).

2.4.3 Propósitos do BIM

O sistema de classificação de propósitos do BIM, elaborado pelo grupo de pesquisa *Computer Integrated Construction (CIC)* da *Pennsylvania State University (PSU)*, categoriza seus usos principalmente quanto ao objetivo (ou finalidade) de seu uso. A proposta é que um objetivo específico deva ser alcançado ao utilizar o BIM ao longo da vida de uma edificação. Tais objetivos são classificados em 5 grupos e 17 subgrupos, como apresenta o Quadro 3.

Quadro 3 – Propósitos do BIM

Propósitos do BIM	Objetivo	Significados	
01	Reunir	Voltado a coletar ou organizar informações sobre edificações	Administrar; Coletar; Gerenciar; Adquirir
01	Capturar	Voltado a representar ou preservar o atual estado de uma edificação e de seus elementos	Coletar
02	Quantificar	Voltado a expressar ou medir a quantidade de um elemento de uma edificação	Extrair quantitativos
03	Monitorar	Voltado a coletar informações sobre o desempenho de elementos e sistemas de uma edificação	Observar; Medir
04	Caracterizar	Voltado a caracterizar ou identificar o estado dos elementos de uma edificação	Seguir; Rastrear; Identificar Confirmar

Continuação do Quadro 3 – Propósitos do BIM

Propósitos do BIM		Objetivo	Significados
02	Gerar	Voltado a elaborar informações sobre uma edificação	Criar; Modelar
01	Prescrever	Voltado a determinar necessidades e selecionar elementos específicos de uma edificação	Elaborar um programa; Especificar
02	Organizar	Voltado a determinar a localização e a colocação de elementos de uma edificação	Configurar; Dispor; Localizar; Colocar
03	Analisar	Voltado a examinar os elementos de uma edificação para obter uma melhor compreensão da mesma	Examinar; Avaliar
01	Coordenar	Voltado a proporcionar uma relação eficiente e harmônica entre os elementos da edificação	Detectar; Evitar
02	Prognosticar	Voltado a prever o desempenho futuro das edificações e de seus elementos	Simular; Prever
03	Validar	Voltado a verificar ou provar a precisão das informações das edificações, sua lógica e razoabilidade	Verificar;
04	Comunicar	Voltado a apresentar informações sobre uma edificação em um método em que possa ser compartilhado ou trocado	Trocar informações
01	Visualizar	Voltado a criar uma representação realista de uma edificação ou de seus elementos	Revisar
02	Transformar	Voltado a modificar as informações e traduzi-las para serem recebidas por outro processo	Traduzir
03	Desenhar	Voltado a fazer uma representação simbólica da edificação e de seus elementos	Esboçar; Anotar; Detalhar
04	Documentar	Voltado a criar um registro com informações sobre a edificação, incluindo informações necessárias para especificar precisamente os seus elementos	Especificar; Enviar; Agendar; Relatar
05	Realizar	Voltado a executar ou controlar um elemento físico utilizando informações de uma edificação	Implementar; Fazer; Executar
01	Fabricar	Voltado a usufruir de informações de uma edificação para fabricar seus elementos	Manufaturar
02	Montar	Voltado a usufruir de informações de uma edificação para reunir os elementos (separados) de uma edificação	Pré-fabricar
03	Controlar	Voltado a usufruir de informações de uma edificação para manusear fisicamente um equipamento que esteja em operação	Manusear
04	Regulamentar	Voltado a usufruir de informações de uma edificação para estabelecer comunicação com a execução de seus elementos	Indicar

Fonte: Adaptado de CIC/PSU (2020).

2.4.4 A utilização do BIM na área da educação

Diante da crescente necessidade de integrar o BIM à academia para satisfazer a demanda da indústria AEC por profissionais com habilidades em BIM (MCLERNON et al., 2015), diversas universidades começaram a utilizar o BIM em seus programas acadêmicos (PIKAS; SACKS; HAZZAN, 2013), incluindo programas de Gerenciamento da Construção

(JOANNIDES, OLBINA, ISSA, 2012). Esta mudança originou vários desafios e oportunidades a programas educacionais em todo o mundo (BECERIK-GERBER; GERBER; KU, 2011).

Diversas são as estratégias de implantação do BIM na educação, podendo ser introduzido, por exemplo, por meio de disciplinas acadêmicas e cursos de extensão (BARISON, SANTOS, 2010; SACKS, BARAK, 2010; SACKS, PIKAS, 2013; HUANG, 2016) ou através de *workshops* como complemento a programas acadêmicos de Gerenciamento de Construção (GIER, 2015). Tais alternativas, tornam-se propícias para desenvolver o campo de Tecnologia (SUCCAR, 2009), pois devido esses cursos serem de curta duração, normalmente são voltados à manipulação de ferramentas BIM para a aprendizagem de conteúdos da área de gestão, tais como coordenação e programação de obras, e estimativa de custos (SACKS, BARAK, 2010; SACKS, PIKAS, 2013).

Ao incorporar o BIM ao currículo acadêmico de uma IES, uma das principais necessidades é substituir disciplinas de modelagem 2D por disciplinas de modelagem 3D (BARISON; SANTOS, 2010; TAYLOR; LIU; HEIN, 2008). Em 2010, pesquisas apontavam que a maior parte dos programas de construção norte-americanos da época já contemplavam o BIM no currículo do curso, no entanto, a maior parte desses programas estava voltado apenas a conteúdos de expressão gráfica, sendo menos da metade deles voltados a conteúdos de Gerenciamento da Construção, como abordagens em planejamento de obra ou estimativa de custos (GHOSH, PARRISH, CHASEY, 2015; PAVELKO, CHASEY, 2010; JOANNIDES, OLBINA, ISSA, 2012). Apesar da maioria dos cursos tratarem de conteúdos de expressão gráfica, faz-se importante que disciplinas que envolvam a utilização do BIM em programas acadêmicos não se limitem apenas a aspectos básicos. Para tanto, com o intuito de aproveitar os potenciais benefícios do BIM, deve-se buscar o utilizar de forma integrada a conteúdos mais aprofundados, como os de Gerenciamento da Construção (YALCINKAYA, ARDITI, 2010).

2.4.5 Competências BIM

O quadro de competências BIM, desenvolvido pela iniciativa BIME, pode ser utilizada em programas educacionais que buscam relacionar a aprendizagem ao desenvolvimento de competências BIM (BIME, 2020). Tais competências representam uma habilidade, uma atividade ou um resultado que pode ser avaliado, aprendido ou aplicado (BIME, 2020). Todas as competências são listadas e vinculadas a determinados assuntos, organizados em oito grandes grupos: Conjunto gerencial; Conjunto administrativo; Conjunto funcional;

Conjunto operacional; Conjunto técnico; Conjunto de implementação; Conjunto de suporte; e Conjunto de pesquisa e desenvolvimento (BIME, 2020).

O conjunto de competências gerenciais (Quadro 4) se relaciona a habilidades de tomada de decisão que impulsionam a escolha de estratégias e iniciativas de longo prazo. As competências gerenciais incluem liderança, planejamento estratégico e gerenciamento organizacional.

Quadro 4 – Conjunto de competências gerenciais

Conjunto de competências gerenciais		
Código	Competência	Descrição
M01	Administração geral	Definir e comunicar metas gerais de gestão a partir da adoção de novos sistemas e fluxos de trabalho
M02	Liderança	Liderar e orientar colaboradores ao longo do processo de implementação de novos sistemas e fluxos de trabalho
M03	Planejamento estratégico	Identificar objetivos estratégicos e desenvolver estratégias de sua implementação
M04	Gestão organizacional	Identificar a necessidade de realizar mudanças organizacionais para incentivar, monitorar e melhorar a adoção do BIM
M05	Desenvolvimento de negócios e gestão de clientes	Maximizar o valor alcançado pela organização e seus clientes a partir de ferramentas e fluxos de trabalho BIM
M06	Aliança e Parceria	Iniciar alianças e parcerias com outras organizações com base em entregas e fluxos de trabalho BIM

Fonte: Adaptado de BIME (2020).

O conjunto de competências administrativas (Quadro 5) se relaciona a atividades organizacionais diárias necessárias para atender e manter objetivos estratégicos. As competências de administração incluem licitações e aquisições, gerenciamento de contratos e gerenciamento de recursos humanos.

Quadro 5 – Conjunto de competências administrativas

Conjunto de competências administrativas		
Código	Competência	Descrição
A01	Administração, políticas e procedimentos	Desenvolver iniciativas gerenciais em políticas e procedimentos para facilitar a adoção de ferramentas e fluxos de trabalho BIM
A02	Finanças, contabilidade e orçamento	Planejamento, alocação e monitoramento dos custos associados à adoção do BIM
A03	Gestão de desempenho	Avaliar, em termos de utilização BIM, a capacidade / maturidade organizacional, competência individual e desempenho do projeto usando métricas padronizadas
A04	Gestão de recursos humanos	Planejar, desenvolver e gerenciar recursos humanos para alinhar competências da equipe às metas organizacionais

Fonte: Adaptado de BIME (2020).

Continuação do Quadro 5 – Conjunto de competências administrativas

Conjunto de competências administrativas		
Código	Competência	Descrição
A05	Marketing	Promover em organizações a capacitação BIM quanto aos clientes e parceiros de negócios
A06	Licitação e aquisição	Desenvolver especificações e documentos necessários para pré-qualificar, recomendar ou adquirir produtos e serviços BIM
A07	Gestão de contratos	Administrar a documentação contratual subjacente aos projetos e fluxos de trabalho colaborativo BIM
A08	Gestão de riscos	Gerir riscos associados ao uso de ferramentas BIM e fluxos de trabalho colaborativos
A09	Gestão da qualidade	Estabelecer, gerir e controlar a qualidade dos modelos, documentação e outros resultados do projeto

O conjunto de competências funcionais (Quadro 6) se relaciona a habilidades gerais e não-técnicas as quais são necessárias para iniciar, gerenciar e entregar projetos. Tal conjunto inclui as seguintes competências: funcionamento básico, colaboração, facilitação, gerenciamento de projetos, e gerenciamento de equipes e do fluxo de trabalho.

Quadro 6 – Conjunto de competências funcionais

Conjunto de competências funcionais		
Código	Competência	Descrição
F01	Funcionamento básico	Identificar requisitos básicos e entregas esperadas através do uso de ferramentas BIM e de seu fluxo de trabalho
F02	Colaboração	Preparar a documentação necessária para permitir o trabalho colaborativo entre <i>stakeholders</i> através do modelo desenvolvido
F03	Facilitação	Facilitar o processo de colaboração BIM entre os participantes do projeto
F04	Gerenciamento de projetos	Gerenciar projetos com base no fluxo de trabalho BIM e na especificação das entregas aos clientes
F05	Gerenciamento de equipes e do fluxo de trabalho	Gerenciar as equipes envolvidas na entrega do projeto em BIM

Fonte: Adaptado de BIMe (2020).

O conjunto de competências operacionais (Quadro 7) se relaciona a esforços individuais necessários para entregar um projeto ou parte do mesmo. O respectivo conjunto inclui as seguintes competências: modelagem geral, captura e representação, planejamento e projeção, simulação e quantificação, construção e fabricação, operação e manutenção, monitoramento e controle, vinculação e extensão, e modelagem personalizada.

Quadro 7 – Conjunto de competências operacionais

Conjunto de competências operacionais		
Código	Competência	Descrição
o01	Modelagem geral	Usar ferramentas BIM para atender aos requisitos do projeto e que gere produtos que vinculem os campos de sistema de informação, conhecimento e indústria
o02	Captura e representação	Usar ferramentas BIM e equipamentos específicos para retratar espaços e ambientes físicos
o03	Planejamento e projeção	Usar ferramentas BIM para concepção, projeto e planejamento do empreendimento
o04	Simulação e quantificação	Usar ferramentas BIM para estimar e realizar simulações
o05	Construção e fabricação	Usar ferramentas BIM para propósitos específicos relacionados à construção e à fabricação
o06	Operação e manutenção	Usar modelos BIM para operar, gerenciar e manter uma edificação
o07	Monitoramento e controle	Usar modelos para monitorar a performance da construção ou controlar os espaços, sistemas e equipamentos
o08	Vinculação e extensão	Vincular modelos BIM e seus componentes a um banco de dados
o09	Modelagem personalizada	Usar ferramentas BIM para entregar um modelo personalizado e que reflita uma infinidade de usos

Fonte: Adaptado de BIME (2020).

O conjunto de competências técnicas (Quadro 8) se relaciona a habilidades necessárias para gerar resultados do projeto em disciplinas e especialidades. Tal conjunto inclui as seguintes competências: tecnologia da informação, sistemas de software, hardware e equipamentos, modelagem, documentação, apresentação e animação, modelo de gestão, gestão de documentos, e gestão de dados.

Quadro 8 – Conjunto de competências técnicas

Conjunto de competências técnicas		
Código	Competência	Descrição
T01	Tecnologia da informação	Projetar, instalar, gerenciar, manter e garantir a segurança da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) em relação à sua infraestrutura, incluindo banco de dados, servidores e redes
T02	Sistemas de software	Selecionar, implantar, e manter sistemas de software em um ambiente multiusuário ou colaborativo
T03	Hardware e equipamentos	Especificar, recomendar, ou obter hardwares e equipamentos
T04	Modelagem	Gerar modelos BIM baseados em padrões pré-estabelecidos e em protocolos
T05	Documentação	Gerar desenhos e documentos utilizando padrões de detalhamento e de fluxo de processo
T06	Apresentação e animação	Gerar <i>renders</i> ou animações 3D utilizando ferramentas específicas
T07	Modelo de gestão	Gerenciar e manter modelos BIM gerados com base em processos, protocolos, e especificações padronizadas
T08	Gestão de documentos	Utilizar sistemas de gestão de documentos para arquivar, gerenciar e compartilhar arquivos e modelos BIM
T09	Gestão de dados	Gerenciar o fluxo de dados (velocidade, volume, qualidade e segurança) sobre o ciclo de vida de projetos, ativos e informações

Fonte: Adaptado de BIME (2020).

O conjunto de competências de implementação (Quadro 9) se relaciona a atividades necessárias para introduzir conceitos, ferramentas e fluxos de trabalho BIM em uma organização. As competências de implementação incluem desenvolvimento de componentes, padronização e treinamento técnico.

Quadro 9 – Conjunto de competências de implementação

Conjunto de competências de implementação		
Código	Competência	Descrição
I01	Fundamentos de implementação	Identificar e gerir problemas associados à implementação BIM
I02	Desenvolvimento de componentes	Implementar uma abordagem estruturada para desenvolver ou personalizar componentes do modelo por meio de padrões de modelagem já documentados
I03	Gestão de bibliotecas	Desenvolver ou gerir bibliotecas de componentes para a entrega padronizada de projetos BIM
I04	Padronização e <i>templates</i>	Gerar modelos, listas de itens ou fluxos de trabalho para iniciar, verificar ou entregar projetos BIM
I05	Treinamento técnico	Desenvolver um plano de capacitação BIM ou documentar habilidades adquiridas da equipe para fins de rastreamento
I06	Teste do sistema e de seus processos	Avaliar a capacidade/compatibilidade de sistemas e a adequação à fluxos de trabalho e procedimentos
I07	Guias e manuais	Desenvolver guias, manuais ou materiais educacionais que se refiram a fluxos de trabalho em modelos

Fonte: Adaptado de BIME (2020).

O conjunto de competências de suporte (Quadro 10) se relaciona a habilidades necessárias para preservar a tecnologia da informação e os sistemas de comunicação. As competências de suporte incluem suporte de dados e rede, suporte a equipamentos e solução de problemas de software.

Quadro 10 – Conjunto de competências de suporte

Conjunto de competências de suporte		
Código	Competência	Descrição
S01	Suporte geral de TI	Solucionar problemas de software e oferecer suporte à equipe para a resolução de problemas técnicos
S02	Suporte de dados e rede	Gerir e preservar o armazenamento de dados, documentos, desenhos 2D e modelos BIM
S03	Suporte de equipamentos	Desenvolver especificações para hardwares vinculados ao BIM
S04	Suporte de software	Solucionar problemas relacionados às ferramentas apresentadas em softwares BIM, responsabilizando-se por tarefas de suporte e de relacionamento com vendedores ou revendedores de software
S05	Desenvolvimento web e de softwares	Desenvolver extensões para ferramentas apresentadas em softwares BIM, softwares de produtividade ou portais da web que visem melhorar a entrega de produtos BIM

Fonte: Adaptado de BIME (2020).

O conjunto de competências de pesquisa e desenvolvimento (P&D) (Quadro 11) se relaciona a habilidades necessárias para avaliar processos existentes, investigar novas soluções e facilitar sua adoção. As competências de P&D incluem gerenciamento de mudanças, engenharia de conhecimento e engajamento setorial.

Quadro 11 – Conjunto de competências de P&D

Conjunto de competências de P&D		
Código	Competência	Descrição
R01	Pesquisa e desenvolvimento geral	Realização de atividades de pesquisa e desenvolvimento gerais ou específicas BIM
R02	Desenvolvimento e planejamento de estratégias	Desenvolver uma estratégia de implementação BIM ou um plano de implementação BIM para orientar sua utilização
R03	Ensino e treinamento	Desenvolver material de capacitação BIM para formar equipes e facilitar o processo de adoção BIM
R04	Gestão de conhecimento e de engenharia	Desenvolver estratégias para gestão de conhecimento, bem como o rastreamento de conhecimentos específicos da equipe
R05	Gerenciamento de mudanças	Desenvolver estratégias de gerenciamento de mudanças que acompanha/suporta o processo de implementação do BIM
R06	Pesquisa e análise	Participação e/ou publicação de pesquisas acadêmicas com foco em inovação ou colaboração BIM
R07	Engajamento industrial e compartilhamento de conhecimento	Compartilhamento de conhecimentos e experiências BIM com a indústria, em geral, por meio de workshops, seminários e apresentações formais/informais

Fonte: Adaptado de BIME (2020).

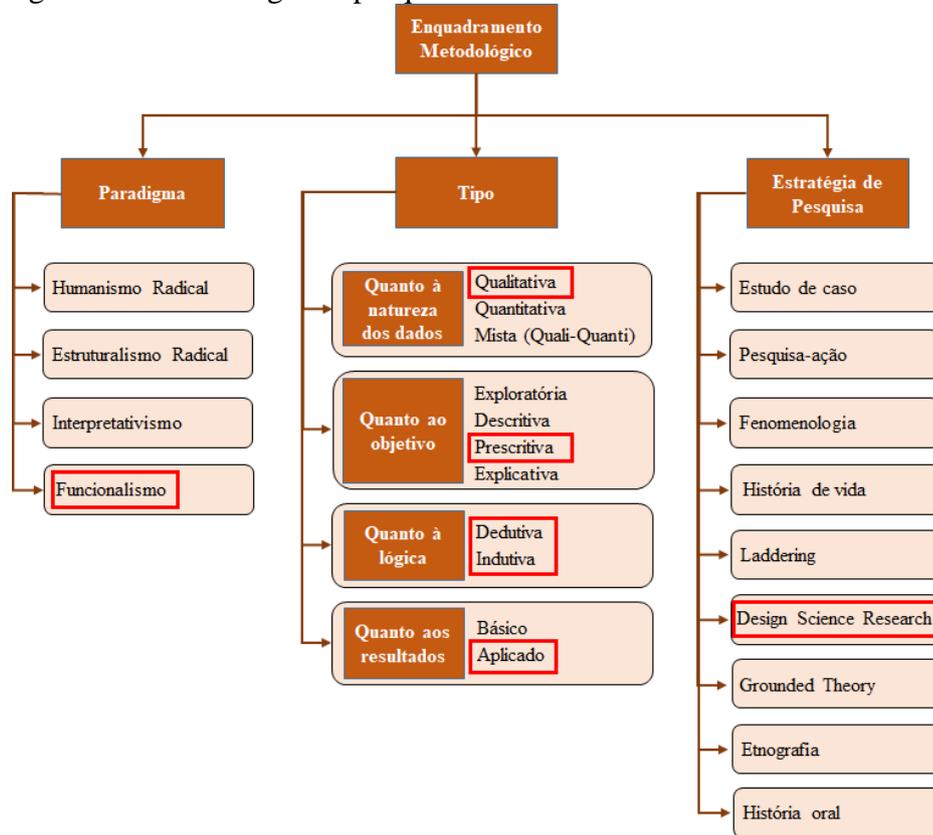
2.4.6 Conclusão da Revisão Bibliográfica

O capítulo da Revisão Bibliográfica apresentou conceitos fundamentais para o entendimento desta pesquisa. Como o foco do trabalho está voltado ao emprego do BIM no ensino de Gerenciamento da Construção, viu-se essencial a fundamentação teórica relacionando o BIM à área da educação. Ainda sem se distanciar do tema educação, fez-se importante apresentar as Diretrizes Curriculares Nacionais voltadas aos cursos de engenharia, chamando atenção às competências e habilidades importantes à formação de discentes. Explanou-se também a metodologia ativa de ensino, conhecida por Aprendizagem Baseada em Projetos, já que grande parte dos resultados deste trabalho são obtidos através deste método. Por fim, e não menos importante, apresentou-se a Taxonomia de Bloom, pois esta indica níveis cognitivos os quais os discentes podem desenvolver ao se estudar determinado assunto. Diante de tudo o que fora apresentado, entende-se que a ferramenta de planejamento do ensino-aprendizagem de conteúdos de engenharia por meio de objetos de aprendizagem BIM, proposta como objetivo geral da pesquisa, pode ser desenvolvida com o pleno entendimento do leitor deste trabalho, sem que haja prejuízo quanto ao entendimento dos conteúdos trabalhados.

3 METODOLOGIA

A metodologia da pesquisa é caracterizada pela classificação dos métodos de pesquisa em seus pressupostos teóricos. A Figura 4 apresenta a metodologia da pesquisa.

Figura 4 – Metodologia da pesquisa



Fonte: O autor.

3.1 Paradigma

Para auxiliar o enquadramento desta pesquisa quanto ao paradigma, Teixeira e Nascimento (2011) sistematizam quatro paradigmas e suas suposições ontológicas e epistemológicas, tal como apresentado na Figura 5.

Figura 5 – Paradigmas e seus aspectos ontológicos e epistemológicos

	Mudança		
Subjetivismo	Humanismo Radical	Estruturalismo Radical	Objetivismo
Anti-positivista			Positivismo
Ideográfica	Interpretativismo	Funcionalismo	Nomotético
	Ordem		

Fonte: Teixeira e Nascimento (2011).

O termo ontologia corresponde à forma de como o mundo pode ser observado, de maneira objetiva e externa ao pesquisador, ou seja, entendido com base nas percepções dos atores humanos (COLLIS; HUSSEY, 2005; TEIXEIRA; NASCIMENTO, 2011; CÂNDIDO, 2015). Epistemologia, por sua vez, está relacionado à natureza do conhecimento e à forma como tal conhecimento pode ser adquirido, ou seja, envolve uma análise da relação entre o pesquisador e o objeto pesquisado (COLLIS; HUSSEY, 2005; TEIXEIRA; NASCIMENTO, 2011; CÂNDIDO, 2015). Tendo em vista que o trabalho visa propor uma ferramenta de planejamento do ensino-aprendizagem de conteúdos de engenharia auxiliada pelo BIM, observa-se então que a pesquisa objetiva produzir conhecimento empírico útil (MORGAN, 2007), de forma que a ferramenta possa ser aplicada em todas as IES brasileiras as quais tenham o mesmo fim. Portanto, pode-se assumir que a pesquisa se enquadra como “funcionalista”, já que se baseia em teorias nomotéticas, ou seja, àquelas que enunciam leis gerais absolutas e que não mudam de acordo com o contexto ou geografia que o fenômeno está sendo estudado (CÂNDIDO, 2015).

3.2 Tipo de pesquisa

Em relação ao tipo de pesquisa, Collis e Hussey (2005) o classificam em quatro seções: natureza dos dados, objetivo de pesquisa, lógica de pesquisa e resultados. Em relação à natureza dos dados, existem duas possibilidades de enquadramento: quantitativa ou qualitativa. Pesquisas qualitativas se baseiam não necessariamente em dados que possam vir a ser ou não mensuráveis, mas em estudos que visam obter um profundo significado de seu objeto de estudo, em caráter subjetivo (RICHARDSON, 2011). Como principal objetivo, a pesquisa qualitativa visa desenvolver uma teoria ou um padrão (generalizações teóricas) a partir experiências individuais (particulares) (CRESWELL, 2007; RICHARDSON, 2011). Classifica-se o trabalho quanto à natureza dos dados como uma pesquisa qualitativa, tendo em vista, que a mesma objetiva através de experiências particulares, desenvolver uma ferramenta de planejamento do ensino-aprendizagem que funcione como um modelo (ou padrão), que busque integrar o BIM a conteúdos de engenharia, como um todo.

Quanto ao objetivo da pesquisa, o trabalho visa prescrever, por meio da ferramenta proposta, uma maneira de tornar mais eficiente a aprendizagem de discentes quanto a conteúdos de engenharia. Dessa maneira, o leitor entenderá de que forma ele deve utilizar a ferramenta proposta, obedecendo as recomendações estabelecidas pelo pesquisador.

No que se refere à lógica de pesquisa, existem duas possibilidades de enquadramento: lógica indutiva e lógica dedutiva. Segundo Collis e Hussey (2005), nota-se que a indutiva funciona a partir da observação de uma realidade empírica, onde, através de casos particulares, inferências generalizadas são tomadas, ou seja, parte do particular para o geral. Enquanto a dedutiva procura analisar várias informações em busca de um único resultado, partindo-se do geral para o específico. Tendo em vista as explanações, é sugerido que a lógica de pesquisa do presente trabalho seja classificada hora por indutiva e hora por dedutiva. Justifica-se a escolha da indução ao se analisar alguns casos particulares na pesquisa, como no processo em que se busca desenvolver objetos de aprendizagem BIM, instrumentos que visam orientar a utilização prática do BIM voltado ao ensino de determinado conteúdo de engenharia, neste trabalho relacionados aos conteúdos da disciplina de GCC I / UFC. Embora tal estudo seja voltado a uma disciplina específica, assume-se semelhança nos resultados entre o caso particular e outras disciplinas de Gerenciamento da Construção em IES brasileiras. Por outro lado, a dedução ocorre, por exemplo, ao observar que a ferramenta de planejamento do ensino-aprendizagem de conteúdos de engenharia pode ser aplicada a qualquer disciplina específica de engenharia cujo se deseje utilizar o BIM, e não somente à área de Gerenciamento da Construção.

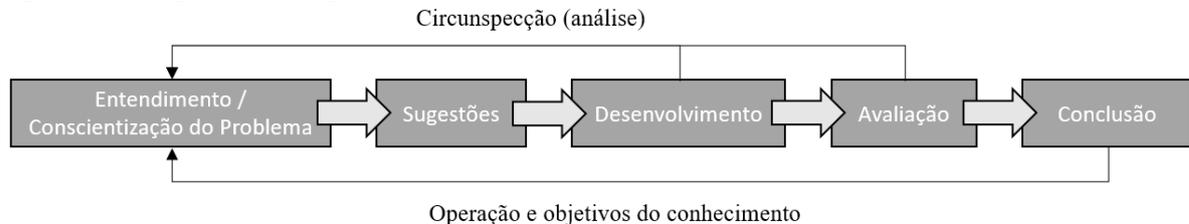
Em relação aos tipos de resultado, existem duas possibilidades de enquadramento: básico ou aplicado. Segundo Collis e Hussey (2005), o que diferencia os dois tipos de resultado diz respeito às questões de aplicabilidade dos mesmos, ou seja, enquanto pesquisas básicas visam ampliar o entendimento de questões gerais sem ênfase na aplicação imediata, pesquisas aplicadas foram projetadas para terem uma aplicação mais rápida, já que visam solucionar problemas específicos existentes. Em relação a este trabalho, o mesmo é classificado como aplicado em termos de resultados, já que este foi inteiramente baseado na resolução do problema de pesquisa e pretende ser imediatamente aplicado.

3.3 Estratégia de pesquisa

Em relação à estratégia de pesquisa, a escolhida para este trabalho foi a *Design Science Research* (DSR), já que o mesmo busca inserir o pesquisador em uma determinada realidade, a fim de visualizar e compreender o problema, utilizando o potencial criativo para gerar soluções para problemas ou reais necessidades (MACHADO et al., 2013).

Vaishnavi e Kuechler (2007) comentam que a DSR compreende as seguintes etapas: Conscientização do problema; Sugestões; Desenvolvimento; Avaliação; e Conclusão. A Figura 6 apresenta as etapas da pesquisa.

Figura 6 – Etapas da Design Science Research



Fonte: Vaishnavi e Kuechler (2007, p.20)

Inicialmente, procura-se entender o problema que levou à necessidade da pesquisa. Em seguida, sugere-se uma ou mais soluções para o problema. Logo depois, desenvolve-se um artefato baseado nas sugestões para a resolução do problema. Posteriormente, avalia-se a solução desenvolvida, se a mesma está solucionando o problema identificado. Por fim, realiza-se a conclusão da pesquisa, indicando as limitações e as contribuições da mesma. É importante perceber neste processo, que eventualmente possam ocorrer processos de circunspecção, ou seja, retorno para as etapas iniciais da pesquisa. Caso seja identificado que a avaliação do artefato não está adequada aos objetivos da pesquisa, por exemplo, pode-se retornar para a etapa de entendimento para então iniciar em seguida novas sugestões para sua resolução.

Para Vaishnavi, Kuechler e Petter (2004), a DSR é um método de pesquisa que envolve a análise de artefatos projetados para compreender e explicar determinados aspectos. As características da DSR são apresentadas no Quadro 12, tendo por base os trabalhos de Hevner et al. (2004), Vaishnavi, Kuechler e Petter (2004), Wang e Hannafin (2005) e Machado et al. (2013).

Quadro 12 – Características da Design Science Research

Características da DSR	Descrição
Pragmatismo	A DSR busca aprimorar tanto a teoria quanto a prática. O valor da teoria é avaliado pelo grau em que os seus princípios informam e melhoram a prática.
Rigor da pesquisa	A pesquisa se baseia na aplicação de rigorosos métodos na construção e na avaliação do artefato.

Continuação do Quadro 2 – Características da Design Science Research

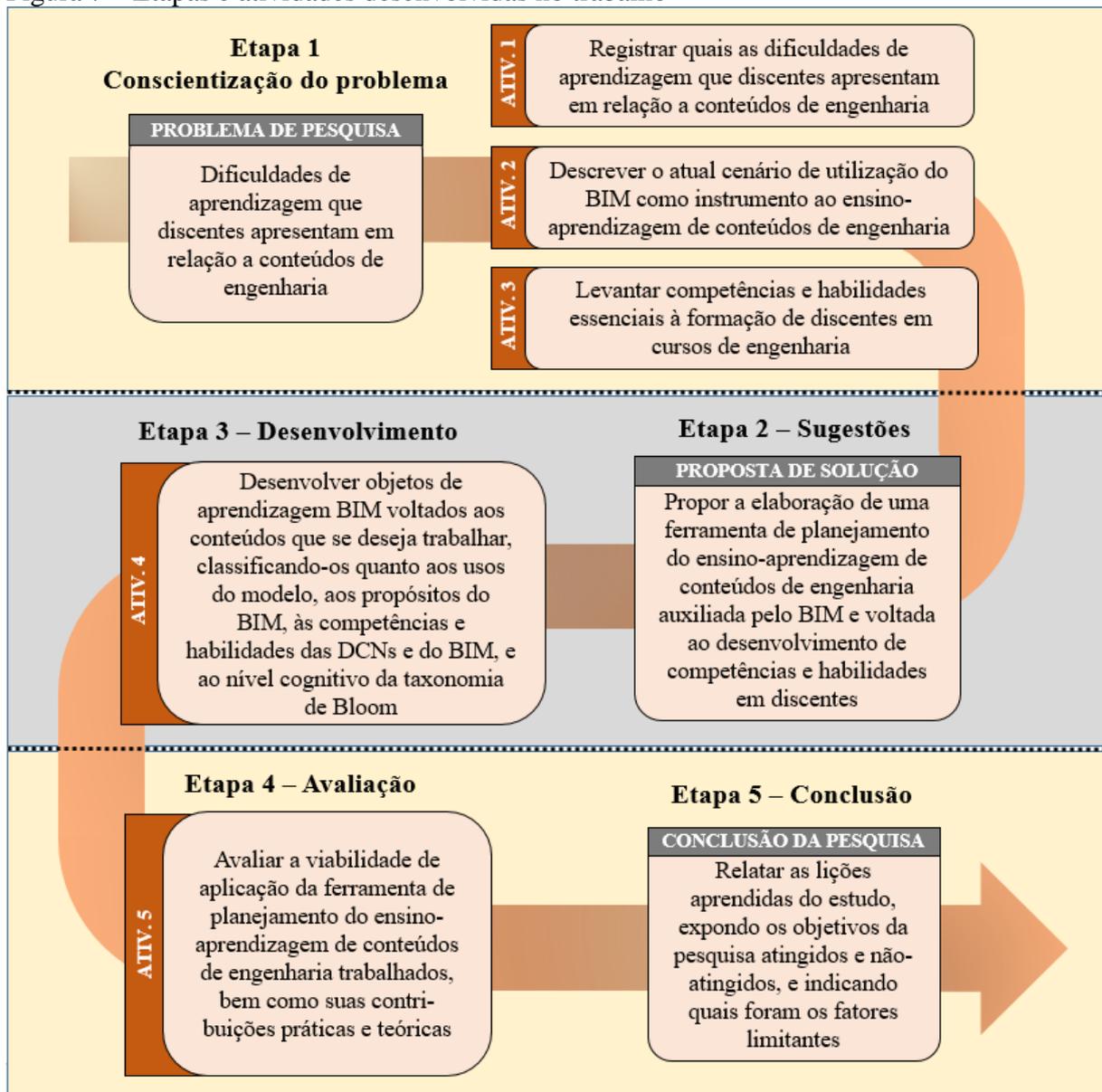
Características da DSR	Descrição
Flexibilidade e interatividade dos processos	Os pesquisadores estão envolvidos nos processos de projeto do artefato e trabalham em conjunto com os participantes da pesquisa. Os procedimentos de pesquisa são flexíveis. Várias técnicas para a coleta e análise dos dados podem ser aplicadas. Os processos são iterativos entre o ciclo de análise, projeto, implementação e redesenho do artefato.
Processo de elaboração do artefato	A busca por um artefato eficaz exige o uso de meios disponíveis para alcançar os fins desejados, desde que satisfaçam as leis no contexto do problema.
Avaliação das contribuições do artefato	A utilidade, qualidade e eficácia do artefato devem ser rigorosamente demonstradas por meio de métodos de avaliação bem executados. A DSR deve promover contribuições claras e verificáveis nas áreas específicas dos artefatos desenvolvidos, nas fundamentações e/ou nas metodologias aplicadas.
Contribuição	O processo de pesquisa, os resultados da investigação e o redesenho do artefato devem ser documentados. Os resultados da pesquisa estão relacionados com o processo de elaboração do artefato e de sua configuração, tendo em vista sua aplicação futura.

Fonte: Hevner et al. (2004), Vaishnavi, Kuechler e Petter (2004), Wang e Hannafin (2005), Machado et al. (2013).

3.4 Delineamento da pesquisa

A Figura 7 apresenta as atividades desenvolvidas no trabalho, tendo em vista a busca pela solução do problema de pesquisa apresentado. Tais objetivos estão organizados em diferentes etapas, de acordo com a metodologia DSR, as quais integram o processo de pesquisa.

Figura 7 – Etapas e atividades desenvolvidas no trabalho



Fonte: O autor.

3.4.1 Conscientização do problema

Prodanov e Freitas (2013, p. 88) comentam que “o problema de pesquisa, para ser válido, deve ser analisado pelos seguintes aspectos: viabilidade, relevância, novidade, exequibilidade, oportunidade”. Em relação à relevância, as dificuldades de aprendizagem de conteúdos de engenharia representam um problema que deve ser solucionado para que a formação de discentes ocorra de maneira satisfatória. Quanto à viabilidade e exequibilidade, o problema identificado é passível de ser solucionado, já que existem meios, como a proposição do uso de recursos tecnológicos pela literatura para a redução das dificuldades de aprendizagem.

Em referência à novidade e à oportunidade, a identificação do problema demonstra que as dificuldades de aprendizagem surgem a partir da maneira pela qual os conteúdos são apresentados aos discentes, tratando-se muitas vezes de novas dificuldades, as quais proporcionam oportunidades ao pesquisador para trabalhar em busca de solucioná-las.

Dessa maneira, como primeira atividade, buscou-se conhecer com maior propriedade o problema que motivou a realização da pesquisa, ou seja, a identificação das dificuldades de aprendizagem em relação a conteúdos de engenharia, mais precisamente a conteúdos de Gerenciamento da Construção – campo da engenharia escolhida para este trabalho. Como segunda atividade, procurou-se conhecer como o BIM vem sendo utilizado no ensino-aprendizagem de conteúdos de Gerenciamento da Construção no Brasil e em outros países. Por fim, como terceira atividade, buscou-se levantar competências e habilidades que são essenciais à formação qualificada de discentes na área em estudo.

a) Dificuldades de aprendizagem

Para a primeira atividade da pesquisa: **“Identificar as dificuldades de aprendizagem que discentes apresentam em relação a conteúdos de engenharia”**, buscou-se conhecer, por meio da aplicação de questionários a ex-alunos da disciplina de GCC I/UFC, quais foram suas dificuldades de aprendizagem em relação aos conteúdos da disciplina. Para compor a amostra dos discentes escolhidos para responder ao questionário, optou-se por àqueles que haviam cursado a respectiva disciplina entre os anos de 2016 e 2020 por corresponder a períodos mais recentes, conferindo maior facilidade para que os mesmos pudessem recordar os conteúdos apresentados, bem como as dificuldades encontradas ao longo do processo. O Quadro 13 apresenta o modelo do questionário. Neste consta a identificação do aluno (A1, A2, A3, ..., An), o ano em que o mesmo cursou a disciplina, e os conteúdos apresentados. Para relembrar os conteúdos, os mesmos foram previamente apresentados através de uma lista (Quadro 14) aos respondentes do questionário, possibilitando a fácil recordação dos assuntos trabalhados. As dificuldades de aprendizagem identificadas pelos discentes são apresentadas no Apêndice A.

Quadro 13 – Dificuldades que discentes apresentam em relação aos conteúdos de GCC-I/UFC

Gerenciamento da Construção Civil I / UFC									
Aluno	Ano	Você sentiu dificuldades em trabalhar com algum destes assuntos ? Se sim, explique o motivo e aponte possíveis soluções para a(s) dificuldade(s) encontrada(s)							
		ORÇAMENTAÇÃO		PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS		INCORPORAÇÃO		ESTUDO DE VIABILIDADE	
		Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)
A1	N1								
A2	N2								
A3	N3								
...	...								
A(N)	N(n)								

Fonte: O Autor.

Quadro 14 – Lista de conteúdos trabalhados na disciplina de GCC I/UFC

Assuntos	Conteúdos detalhados
Orçamentação	Levantamento de quantitativos (projetos: arquitetônico, estrutural, instalações, etc)
	Composição e cálculo de custos
	Cálculo de BDI
	Métodos de orçamentação
	Estimativa de custos (CUB)
	Curva ABC
	Plano de contas
Planejamento e controle de obras	Níveis de planejamento (curto, médio e longo prazo)
	Sequência de execução das atividades da obra; Plano de ataque da obra
	Estrutura Analítica de Projetos (EAP)
	Gráfico de Gantt
	Técnicas de rede
	Diagrama de precedências ou blocos (leitura do diagrama, análise dos tipos de ligação entre as atividades, etc)
	Diagrama PERT/CPM (análise do caminho crítico, identificação da folga livre ou folga total)
	Linha de balanço (aplicações, montagem, definição de ritmo, etc)
	Histograma e Curva S
	Nivelamento de recursos
Método do valor agregado	
Incorporação	Conceitos sobre incorporação imobiliária
	Montagem das tabelas da NBR 12.721:2006 (Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios)
Estudo de viabilidade	Formação de preço
	Montagem do fluxo de caixa
	Análise da viabilidade de empreendimentos

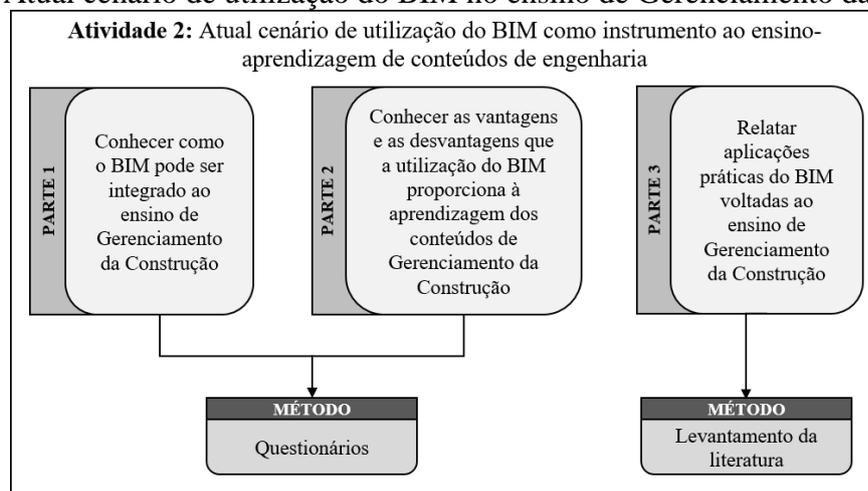
Fonte: O autor.

Para a coleta dos dados, primeiro foram realizados dois pré-testes. Em seguida, após analisar se as respostas estavam adequadas ao objetivo desta etapa da pesquisa, validou-se o processo, e então 30 ex-alunos foram escolhidos para compor a amostra desta etapa da pesquisa. Dos 30 escolhidos, 26 deles aceitaram responder as entrevistas.

b) Atual cenário de utilização do BIM no ensino de Gerenciamento da Construção

Para a segunda atividade da pesquisa: **“Descrever o atual cenário de utilização do BIM como instrumento ao ensino-aprendizagem de conteúdos de engenharia”**, optou-se por subdividir esta atividade em três partes: (1) conhecer como o BIM pode ser integrado ao ensino de Gerenciamento da Construção; (2) conhecer quais as vantagens e as desvantagens que a utilização do BIM proporciona à aprendizagem dos conteúdos de Gerenciamento da Construção; e (3) relatar aplicações práticas do BIM voltadas ao ensino de Gerenciamento da Construção. Optou-se por subdividir a atividade nas partes mencionadas para facilitar a compreensão de como o BIM pode interferir na aprendizagem dos conteúdos, visualizando os potenciais de seu uso, bem como suas limitações, percebendo inclusive se seu uso é vantajoso ou não à aprendizagem. A Figura 8 apresenta esta atividade da pesquisa.

Figura 8 – Atual cenário de utilização do BIM no ensino de Gerenciamento da Construção



Fonte: O autor.

Ainda de acordo com a Figura 8, na primeira parte, buscou-se conhecer como o BIM pode ser integrado ao ensino de Gerenciamento da Construção por meio da aplicação de questionários a ex-alunos de GCC I/UFC. Para compor a amostra dos respondentes, também optou-se pelos que haviam cursado a respectiva disciplina entre os anos de 2016 e 2020, por se tratar de períodos mais recentes, possibilitando com que pudessem relembrar com maior facilidade os assuntos ensinados. Além disso, como outro critério, os respondentes

obrigatoriamente tinham que ter conhecimentos sobre o processo e as ferramentas BIM. Diante das entrevistas, realizou-se inicialmente dois pré-testes. Em seguida, após analisar se as respostas estavam adequadas ao objetivo desta etapa da pesquisa, validou-se o processo. Dos mesmos 30 discentes escolhidos na etapa anterior, 20 aceitaram responder a esta parte das entrevistas, pois julgaram-se aptos de acordo com os critérios estabelecidos. O modelo do questionário é apresentado através da Quadro 15, e as respostas apresentadas no Apêndice B.

Quadro 15 – Integração do BIM à disciplina de GCC I/UFC

Integração do BIM à disciplina de Gerenciamento da Construção Civil I / UFC												
Aluno	Ano	P1	P2		P3		P4		P5			
		Para você, o BIM pode ajudar no aprendizado dos conteúdos de GCC I / UFC?	Se sim em "P1", em qual(is) conteúdo(s) você avalia que o BIM pode ser integrado?									
			ORÇAMENTAÇÃO		PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS		INCORPORAÇÃO		ESTUDO DE VIABILIDADE			
			Conteúdo(s)	Como ?	Conteúdo(s)	Como ?	Conteúdo(s)	Como ?	Conteúdo(s)	Como ?		
A1	N1											
A2	N2											
A3	N3											
...	...											
A(N)	N(n)											

Fonte: O autor.

Na segunda parte, buscou-se conhecer quais as vantagens e as desvantagens que o uso do BIM pode proporcionar à aprendizagem dos conteúdos de Gerenciamento da Construção também por meio da aplicação de questionários aos mesmos respondentes da primeira parte. O modelo do questionário é apresentado na Quadro 16, e as respostas apresentadas no Apêndice C.

Quadro 16 – Vantagens e desvantagens do uso do BIM no ensino de GCC I/UFC

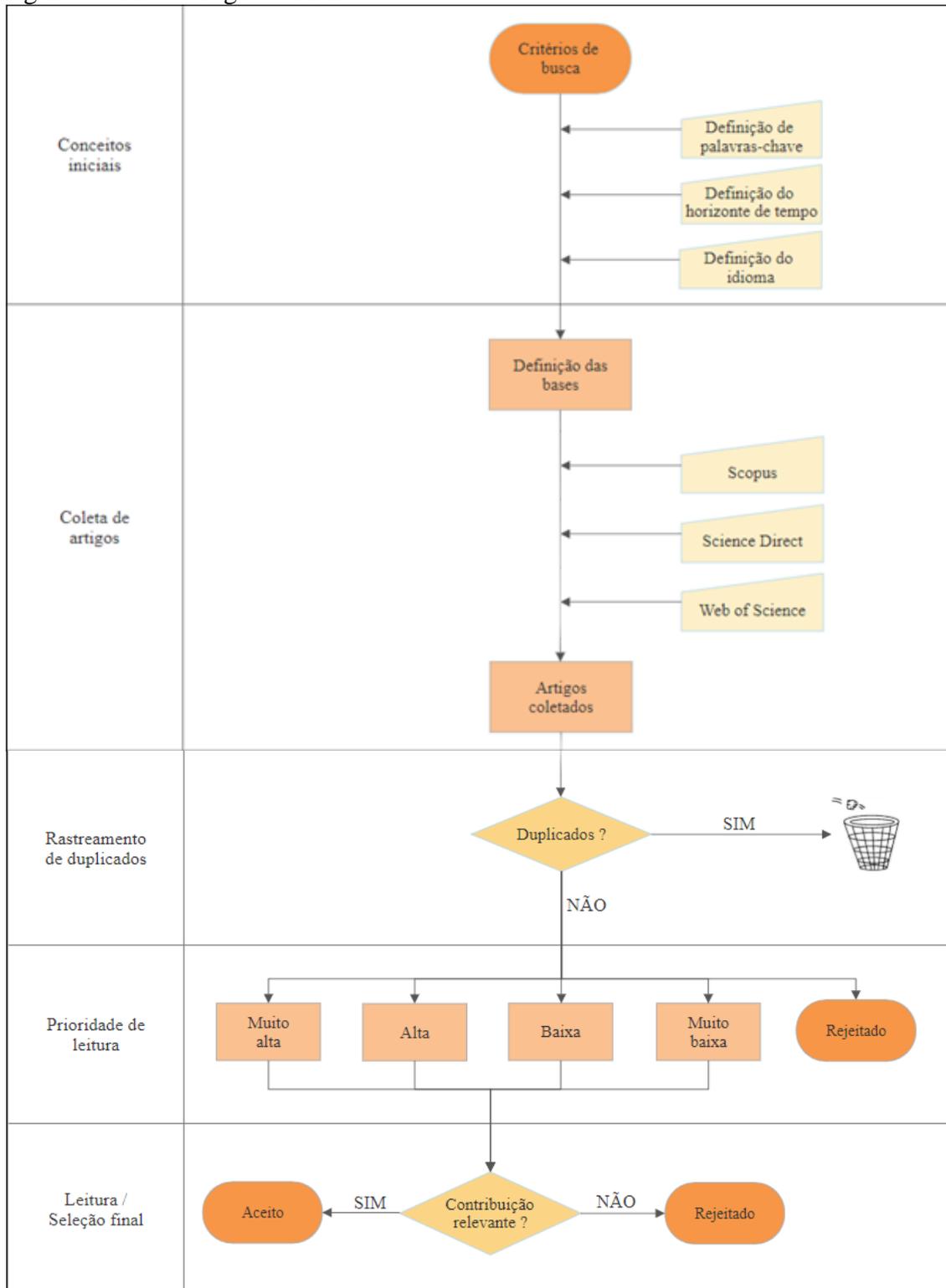
Vantagens / Desvantagens do uso do BIM no ensino de GCC I da UFC			
Aluno	Ano	P1	P2
		Existem VANTAGENS ao integrar o BIM à disciplina de GCC I? Comente sua resposta.	Existem DESVANTAGENS ao integrar o BIM à disciplina de GCC I? Comente sua resposta.
A1	N1		
A2	N2		
A3	N3		
...	...		
A(N)	N(n)		

Fonte: O autor.

Por fim, na terceira parte, buscou-se relatar aplicações práticas do BIM relacionadas ao ensino de Gerenciamento da Construção por meio de levantamentos da literatura em publicações de jornais, revistas e congressos, nacionais e estrangeiros. Para estes levantamentos, foram consideradas publicações em âmbito nacional e em âmbito internacional.

No caso das publicações nacionais, procurou-se analisar publicações do Encontro Nacional sobre o Ensino de BIM (ENEBIM) referentes aos anos de 2018, 2019 e 2021. Já em relação ao levantamento de publicações internacionais, buscou-se realizar uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), analisando publicações em congressos, jornais e revistas de renome internacional na área em estudo com o intuito de conhecer aplicações práticas do BIM voltado ao ensino de Gerenciamento da Construção em diversos países. A Figura 9 apresenta a metodologia adotada para a RSL.

Figura 9 – Metodologia da RSL



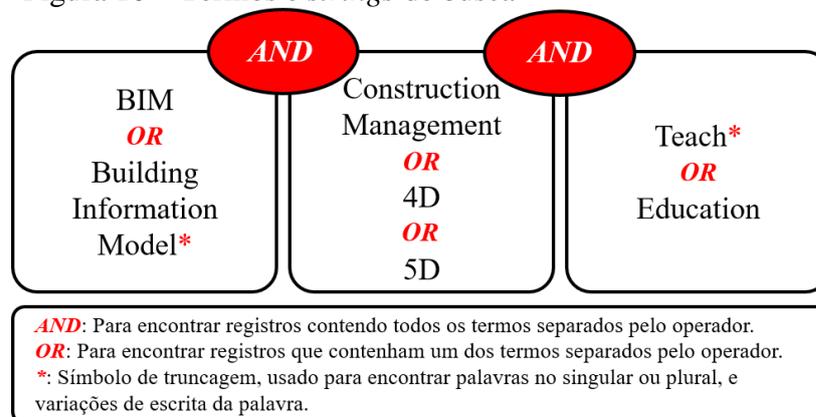
Fonte: O autor.

Antes de iniciar a execução das etapas da metodologia da RSL apresentada na Figura 9, foi estabelecida uma questão de pesquisa a qual a revisão da literatura buscou responder. Entende-se que a questão de pesquisa deve ser similar aos objetivos deste trabalho.

Entretanto, para não refinar muito a busca, de forma que a quantidade de publicações encontradas fique bastante limitada, optou-se por não realizar uma pesquisa com foco em competências e habilidades, mas apenas em buscar entender como o BIM pode auxiliar o ensino-aprendizagem dos conteúdos de Gerenciamento da Construção. Sendo assim, a RSL apresenta a seguinte questão de pesquisa: **“Como integrar o BIM ao ensino de Gerenciamento da Construção?”**.

Para a busca por publicações relacionadas ao assunto, inicialmente foram estabelecidos alguns critérios de pesquisa, dentre eles: a definição das *strings* de busca, das palavras-chave, do horizonte de tempo e do idioma. Como *strings* (Figura 10), foram utilizadas as seguintes combinações: (BIM OR Building Information Model*) AND (Construction Management OR 4D OR 5D) AND (Teach* OR Education). Apesar dos termos “4D” e “5D” estarem muito relacionados a uma estratégia de *marketing* da indústria sobre as potenciais aplicações do BIM, optou-se por incluir tais termos na busca com o intuito de evitar que algumas publicações não fossem identificadas ao longo do processo.

Figura 10 – Termos e *strings* de busca



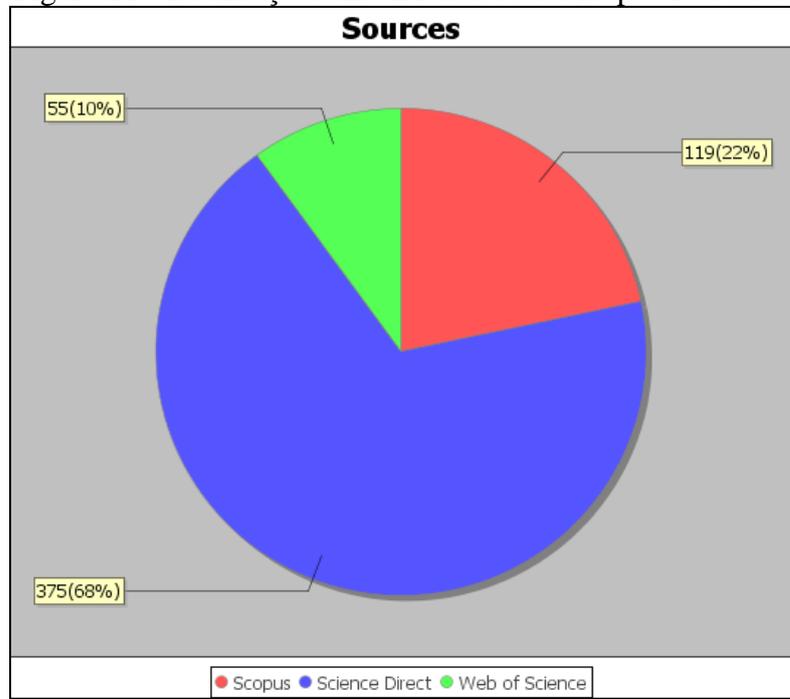
Fonte: O autor.

Como horizonte de tempo das buscas, optou-se por escolher publicações recentes, ou seja, realizadas nos últimos 10 anos (entre 2010 e 2020), por ser mais fácil de identificar as tendências para os próximos anos. Como idioma, escolheu-se o “Inglês”, por ser uma linguagem universal e comum a revistas, jornais e congressos de maior respaldo da área.

Após a definição dos critérios, escolheu-se três bases de dados para a coleta das publicações: *Scopus*, *Science Direct* e *Web of Science*. A escolha das respectivas bases foi justificada por se tratarem de bases de grande relevância ao meio científico e por conterem um alto volume de publicações importantes voltadas ao assunto. Como resultado, foram coletadas 549 publicações, dentre a qual, a base de dados *Science Direct* foi a que retornou a maior

quantidade de publicações (68%). A Figura 11 ilustra a quantidade de publicações encontradas para cada base escolhida.

Figura 11 – Publicações encontradas e suas respectivas bases



Fonte: O autor.

Após a coleta das publicações nas bases escolhidas, iniciou-se a etapa de rastreamento com o intuito de identificar as publicações que estão duplicadas no banco de dados, ou seja, que estão presentes em mais de uma base diferente, para então excluir as repetidas da seleção. Ao todo foram identificadas 249 publicações duplicadas, e então, excluídas da seleção, restando 300 delas para análise. O rastreamento contou com o auxílio do software StArt. Optou-se por utilizar este software por apresentar funções de gerenciamento e análise de referências, as quais contribuem para maior organização das etapas da pesquisa.

Após a exclusão das publicações duplicadas, definiu-se a ordem de prioridade de leitura dos resumos das publicações não-duplicadas de acordo com o seguinte critério de pontuação: para a presença das palavras-chave no título da publicação, cada palavra identificada somou 5 pontos; para a presença das palavras-chave no resumo, cada palavra identificada somou 3 pontos; e para a presença das palavras-chave nas próprias palavras-chave, cada palavra identificada somou 2 pontos. Salienta-se que o critério de estabelecimento de pontuação é definido de acordo com a sensibilidade de cada pesquisador ao analisar os dados, sendo assim, ao simular cenários com o estabelecimento de diferentes opções de pontuação, identificou-se o que apresentou maior afinidade aos objetivos da pesquisa.

Estabelecida a ordem de prioridade de leitura dos resumos das publicações, iniciou-se a leitura dos resumos e a avaliação se estas estavam alinhadas aos objetivos da pesquisa ou não. Se estiver alinhada, ou seja, apresentar um ou mais critérios de aceitação e não apresentar critérios de rejeição, a publicação é lida em sua versão completa. Entre os critérios de aceitação estão: Publicações em revistas, jornais ou congressos; Publicações envolvendo o curso de Engenharia Civil; Publicações voltadas aos níveis de graduação, pós-graduação ou cursos de extensão; Publicações que têm como foco o uso do BIM no ensino de Gerenciamento da Construção; Integração entre o BIM e outras TICs, entre elas: VR, AR, Cloud Computing, Laser Scanning, IoT, RFID, Big Data, voltadas à área de educação; Publicações que empreguem as metodologias de pesquisa ABPj ou ABP, estudos de caso ou revisões de literatura que integrem o BIM à área de Gerenciamento da Construção, quer seja utilizando métodos qualitativos ou quantitativos. Como critérios de rejeição, optou-se por excluir da lista: Publicações mais antigas (<2010); Publicações de livros; Publicações com foco em matriz curricular; Publicações que abordam processos de implantação BIM, vertical ou horizontal, em grades curriculares; Publicações com conteúdos diferentes de Gerenciamento da Construção; e Publicações que tratam dos assuntos de orçamento e planejamento de maneira bastante superficial, não apresentando aplicações práticas para o desenvolvimento de competências e habilidades de discentes.

Os resumos das publicações que têm quatro ou mais critérios de aceitação para a leitura de sua versão completa foram avaliadas como prioridade “muito alta” para leitura; as que estão relacionados a três dos critérios apresentados foram caracterizadas como prioridade “alta” para leitura; as que apresentam afinidade a dois critérios de aceitação foram classificadas como prioridade “baixa” de leitura; e as que possuíam apenas um único critério de aceitação, foram definidas como prioridade “muito baixa” de leitura. Por outro lado, resumos das publicações que não continham algum dos critérios de aceitação para a leitura em sua versão completa ou que apresentassem algum dos critérios de rejeição comentados, foram excluídas da lista de leitura. É importante perceber que, assim como comentado anteriormente, o estabelecimento do sistema de pontuação é um critério pessoal, bem como o estabelecimento de ordem de prioridade para a leitura das publicações. Salienta-se que o estabelecimento de prioridade de leitura através de um sistema de pontuação é útil quando se existe uma grande quantidade de dados que integram um banco de dados, que possam confundir o processo de seleção de publicações pelo pesquisador. Como resultado, dos 300 resumos das publicações identificadas, foram aceitas 67 delas para serem lidas em sua versão integral.

Para finalizar o processo de seleção das publicações da RSL, após realizada a leitura das publicações selecionadas em sua versão completa, avaliou-se através da percepção do pesquisador se a contribuição de cada publicação lida era ou não relevante para a pesquisa. As publicações que apresentaram características e conteúdos afins aos objetivos da pesquisa foram selecionadas para serem comentadas no trabalho, enquanto as que não apresentaram relevância significativa ao atendimento aos objetivos da pesquisa não foram comentadas neste trabalho.

c) Competências e habilidades essenciais à formação de discentes

Para a terceira atividade da pesquisa: **“Levantar competências e habilidades essenciais à formação de discentes em cursos de engenharia”**, procurou-se levantar as competências e as habilidades através de duas fontes: a primeira delas corresponde às Diretrizes Curriculares Nacionais de 2019 voltadas aos cursos de engenharia, as quais visam a formação qualificada de discentes na área de engenharia; e a segunda, refere-se à lista de competências BIM, desenvolvida pela iniciativa BIMe com o intuito organizar habilidades BIM em iniciativas educacionais.

3.4.2 Sugestões

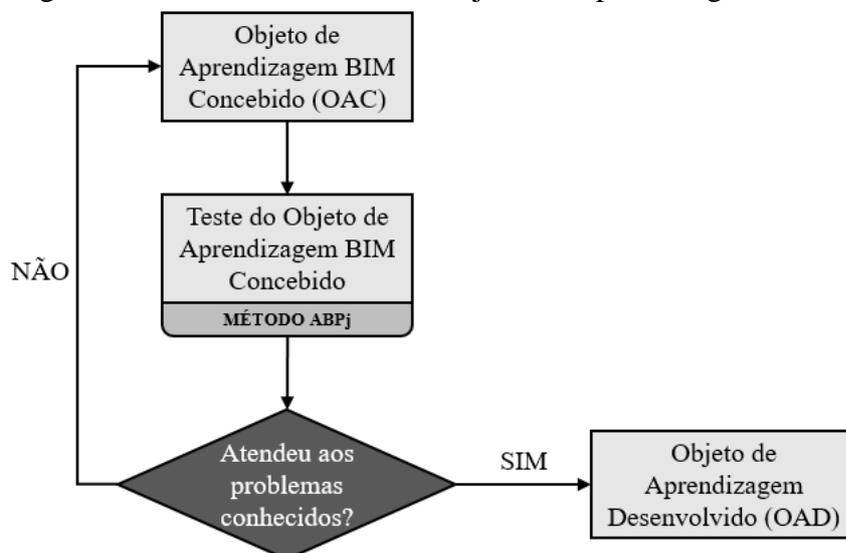
Na Etapa 2 do trabalho, denominada “Sugestões”, buscou-se propor a elaboração de uma ferramenta de planejamento do ensino-aprendizagem de conteúdos de engenharia auxiliada pelo BIM e voltada ao desenvolvimento de competências e habilidades em discentes. Aproximando a solução proposta à área de Gerenciamento da Construção, sugeriu-se a elaboração da ferramenta com base nas dificuldades de aprendizagem identificadas, relacionando-a às competências e habilidades identificadas e ao atual cenário de utilização do BIM no ensino de Gerenciamento da Construção. A ferramenta consiste em desenvolver objetos de aprendizagem BIM, ou seja, instrumentos que visam orientar a utilização prática do BIM voltado a um determinado conteúdo da área de engenharia trabalhada. Salienta-se que os objetos de aprendizagem BIM foram concebidos tendo por base a análise dos questionários aplicados e a revisão da literatura realizada, os quais permitiram identificar maneiras que o BIM pode ser utilizado para a aprendizagem eficaz dos conteúdos pelos discentes.

Os objetos de aprendizagem BIM foram propostos com a intenção de relacionar conteúdos de Gerenciamento da Construção aos usos do modelo, aos propósitos do BIM, às competências e habilidades das DCNs e do BIM, e ao nível cognitivo da taxonomia de Bloom.

Ao longo do desenvolvimento dos objetos de aprendizagem BIM, sugeriu-se realizar testes ao aplicá-los na disciplina GCC I/UFC por meio do método ABPj. Tal método foi escolhido para o trabalho por incentivar o aprendizado no âmbito coletivo (LIU et al., 2010), buscando solucionar os problemas com base em um projeto, de maneira focada e objetiva (YAMAGUHI et al., 2004). A aplicação do método ocorreu de forma remota, através de aulas realizadas à distância, em virtude do período de isolamento social oriundo da pandemia de COVID-19. Para sua aplicação, optou-se pelo uso de projetos fictícios, pois estes foram desenvolvidos de forma simplificada com o intuito de facilitar a compreensão dos alunos.

Ao longo do processo, quando verificado que o Objeto de Aprendizagem Concebido (OAC) atendia aos problemas ou dificuldades de aprendizagem relatadas, o mesmo era então validado, passando a ser chamado de Objeto de Aprendizagem Desenvolvido (OAD). Caso percebida a situação de não-atendimento, o OAC era ajustado, e então o processo de validação era repetido até seu completo atendimento. A Figura 12 ilustra o processo de desenvolvimento dos objetos de aprendizagem BIM.

Figura 12 – Desenvolvimento de objetos de aprendizagem BIM



Fonte: O autor.

Após desenvolvidos os objetos de aprendizagem BIM, buscou-se os organizar com base no método 5W2H, o qual fora elaborado na década 80 pelo professor Joseph M. Juran. Tal método representa as iniciais das palavras em inglês, *Why* (Por que?), *What* (O quê?), *Where* (Onde?), *When* (Quando?), *Who* (Quem?), *How* (Como?) e *How much* (Quanto custa?). Segundo Vergara (2006), o plano de ação 5W2H é utilizado principalmente no mapeamento e padronização de processos. Optou-se então pela escolha deste método por se enquadrar na

justificativa do autor, já que se pretende organizar os objetos de aprendizagem BIM de forma padronizada através de um plano de ação para serem mais facilmente compreendidos e aplicados em disciplinas afins aos conteúdos trabalhados por tais objetos. O Quadro 17 apresenta de que forma os objetos de aprendizagem BIM devem ser organizados de acordo com o plano de ação.

Quadro 17 – Organização dos objetos de aprendizagem BIM quanto ao plano de ação

Objeto de Aprendizagem (O.A)	5W					2H	
	What	Why	When	Who	Where	How	How much
O.A 1							
O.A 2							
O.A 3							
...							
O.A (N)							

Fonte: O autor.

Na elaboração do plano de ação, procurou-se enquadrar cada “W” e cada “H” proposto pelo método 5W2H aos conteúdos trabalhados, ao público-alvo, aos fins de seu desenvolvimento, aos meios para consecução dos objetivos, e aos pré-requisitos necessários para garantir que o objeto de aprendizagem BIM fosse empregado de forma efetiva no ensino-aprendizagem. A proposição deste plano teve grande contribuição para organizar e padronizar a aplicação dos objetos de aprendizagem BIM, tornando-os mais fáceis de serem compreendidos. Para utilizar o plano basta substituir o comando apresentado entre colchetes por seu respectivo “W” ou “H”, mantendo a formação padrão da frase. O plano de ação pode ser visualizado logo abaixo.

Plano de ação:

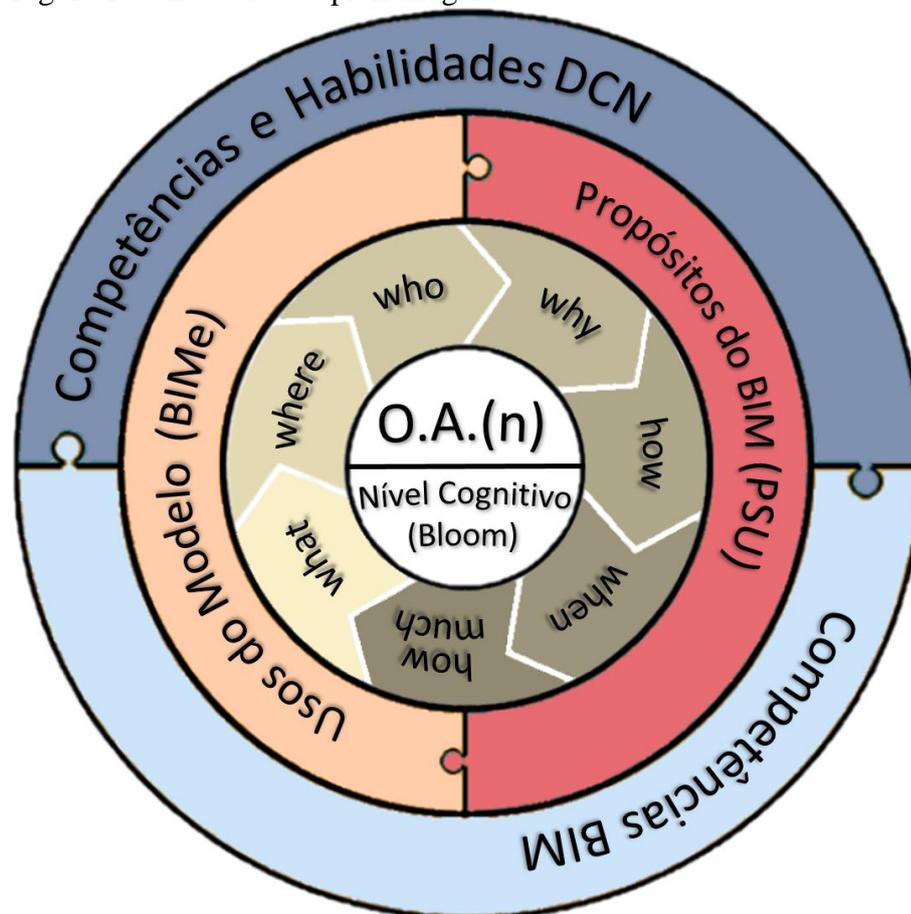
Para o ensino de [WHAT], em [WHERE], procura-se facilitar a aprendizagem de [WHO] ao buscar [WHY] através de [HOW]. Tal processo pode ser iniciado [WHEN], e tem como pré-requisito [HOW MUCH].

Uma outra finalidade para a escolha do método 5W2H decorre da forma em que se deseja aplicar os objetos de aprendizagem BIM. Segundo Veiga et al. (2013) o método 5W2H foi concebido para auxiliar a utilização do Ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), desenvolvido em 1920 por Walter Shewhart, e popularizado por W. Edwards Deming para ser utilizado no processo de gestão da qualidade total (BONDUELLE, 2006). Veiga et al. (2013) descrevem que o método 5W2H consiste em um plano de ação para atividades pré-estabelecidas que

precisam ser desenvolvidas com a maior clareza possível, além de funcionar como um mapeamento dessas atividades. Nota-se que todo o processo buscou seguir o Ciclo PDCA, pois inicialmente foi realizado um planejamento para a concepção dos objetos de aprendizagem BIM, analisando todo o contexto previamente pesquisado, para então avaliar se os mesmos estavam adequados, e posteriormente os aplicar em disciplinas relacionadas.

Sintetizou-se os conteúdos desenvolvidos através de uma gravura, a qual fora chamada de “bússola de aprendizagem”. Esta visa nortear o usuário sobre a integração entre o objeto de aprendizagem BIM apresentado às competências e habilidades, aos usos do modelo, aos propósitos do BIM, ao plano de ação e ao nível cognitivo da Taxonomia de Bloom. A bússola de aprendizagem é apresentada através da Figura 13.

Figura 13 – Bússola de aprendizagem

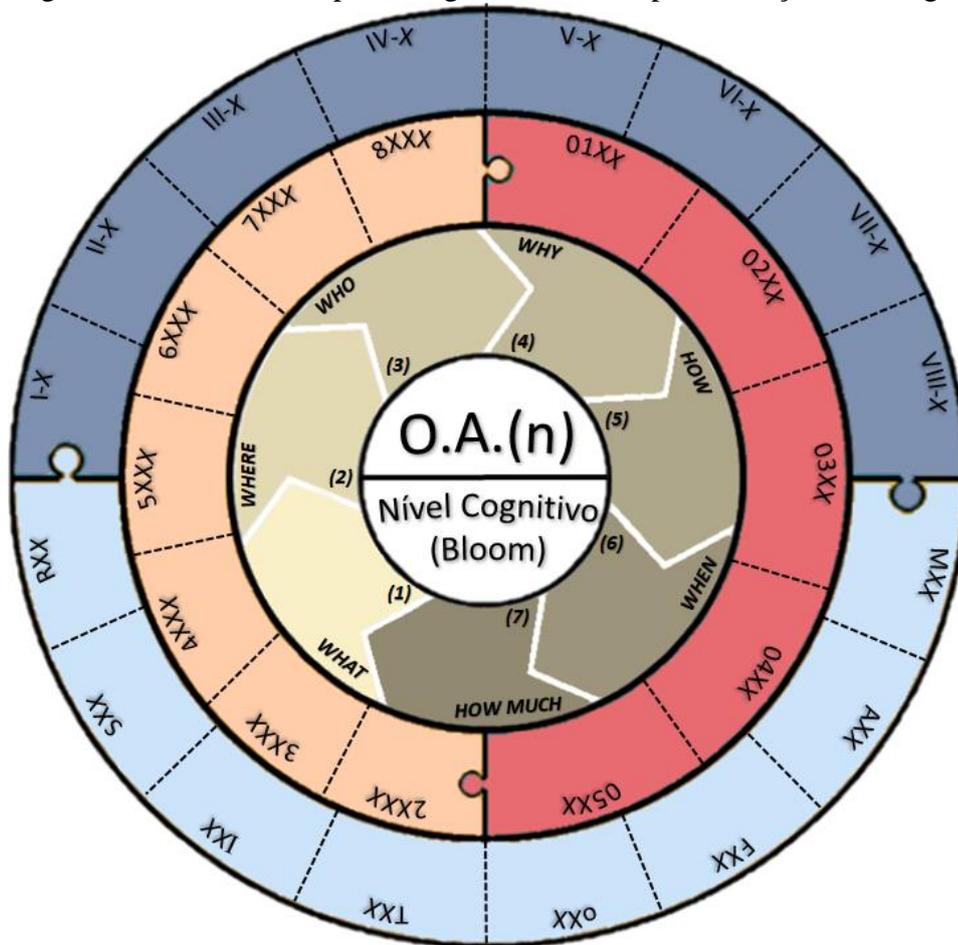


Fonte: O autor.

Ao observar a Figura 13, nota-se seções indicadas para o preenchimento das características de cada objeto de aprendizagem BIM. Tais informações devem ser preenchidas de acordo com os respectivos quadros dos usos, dos propósitos e das competências apresentados no capítulo da Revisão Bibliográfica deste trabalho. Analisando os quadros, nota-se que por

tratarem de diversos assuntos, entre competências, usos, e níveis cognitivos de Bloom, optou-se por dividir as seções da gravura indicada em novas subseções com os respectivos códigos de cada quadro, tal como mostrado na Figura 14.

Figura 14 – Bússola de aprendizagem delimitada para inserção de códigos



Fonte: O autor.

Para o preenchimento dos códigos, inicialmente, optou-se por indicar quais usos do modelo e propósitos do BIM que o referido objeto de aprendizagem está voltado, listando estes nos espaços indicados em coloração salmão (PSU) e àqueles em coloração vermelha (BIME). Em seguida, buscou-se identificar quais competências e habilidades o referido objeto de aprendizagem BIM é capaz de desenvolver nos discentes, listando-as nos espaços indicados em coloração azul clara (Competências BIM) e escura (Competências e Habilidades DCNs). Finalmente, identificou-se qual nível cognitivo da Taxonomia de Bloom o referido objeto de aprendizagem BIM foi capaz de atingir. Com o intuito de deixar o processo mais interativo ao usuário, procurou-se apresentar a bússola de aprendizagem através de uma planilha eletrônica. A planilha é apresentada a seguir na seção de desenvolvimento da ferramenta.

3.4.3 Desenvolvimento

Na Etapa 3 do trabalho, denominada “Desenvolvimento”, buscou-se colocar em prática o que foi proposto na etapa de “Sugestões”. As informações em relação aos objetos de aprendizagem BIM foram produzidas por meio de análises de percepção do autor ao observar as respostas dos questionários aplicados, principalmente em relação às dificuldades identificadas pelos discentes quanto aos conteúdos trabalhados, onde se buscou solucioná-las através da proposição de objetos de aprendizagem BIM.

Os objetos de aprendizagem BIM desenvolvidos neste trabalho estão intimamente relacionados aos conteúdos em que os discentes apresentaram mais dificuldades de aprendizagem, ou seja, levantamento de quantitativos, planejamento, controle, incorporação e estudo de viabilidade. Estes são apresentados na seção de resultados do trabalho.

Para a apresentação dos conteúdos dos objetos de aprendizagem BIM desenvolvidos e de sua integração à bússola de aprendizagem, a qual é composta pelo plano de ação, pelos usos, pelos propósitos, pelas competências e habilidades, e pelo nível cognitivo da taxonomia de Bloom, optou-se pelo desenvolvimento de uma planilha eletrônica utilizando o software Excel.

Inicialmente são apresentadas aos usuários instruções sobre como utilizar a ferramenta, além de ser apresentado um glossário sobre os principais termos, os quais os usuários devem se familiarizar antes de manipular a planilha. As instruções podem ser visualizadas por meio da Figura 15, e o glossário através da Figura 16.

Figura 15 – Regras básicas para utilização da ferramenta

REGRAS BÁSICAS PARA UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA	
O QUE É ?	
A ferramenta de planejamento do ensino-aprendizagem de conteúdos de engenharia é composta por objetos de aprendizagem BIM, ou seja, aplicações práticas do BIM voltadas ao ensino de determinado conteúdo. Tais aplicações são vinculadas à "Bússola de Aprendizagem", instrumento o qual visa nortear o usuário sobre a integração entre Objeto de Aprendizagem BIM, Competências e Habilidades, Usos do BIM, Propósitos do BIM e Nível Cognitivo da Taxonomia de Bloom.	
A QUEM SE DIRECIONA ?	
A ferramenta apresentada se direciona a docentes de cursos de engenharia.	
QUANDO USAR ?	
A ferramenta é voltada ao planejamento de disciplinas de engenharia, onde através de objetos de aprendizagem BIM previamente elaborados, o docente pode os utilizar como opção para o ensino de determinado conteúdo com a finalidade de diminuir dificuldades de aprendizagem de discentes.	
COMO USAR ?	
Para utilizar a ferramenta, as instruções são apresentadas ao longo de seu uso, em uma interface onde o usuário pode selecionar diversos objetos de aprendizagem BIM, de acordo com o qual optar por conhecer. Se você deseja iniciar a utilização da ferramenta, clique no botão ao lado.	Abrir interface para utilização da ferramenta

Fonte: O autor.

Figura 16 – Glossário com os principais termos da ferramenta

GLOSSÁRIO	
OBJETOS DE APRENDIZAGEM BIM	
Instrumentos que visam orientar a utilização prática do BIM voltado ao ensino de determinado conteúdo de engenharia. Este trabalho apresenta objetos de aprendizagem BIM relacionados a conteúdos da área de Gerenciamento da Construção.	
PLANO DE AÇÃO	
Segundo Vergara (2006), o plano de ação 5W2H é utilizado principalmente no mapeamento e padronização de processos. Optou-se então pela escolha deste método por se enquadrar na justificativa do autor, já que se pretende organizar os objetos de aprendizagem BIM de forma padronizada através de um plano de ação para serem mais facilmente compreendidos e aplicados em disciplinas afins aos conteúdos trabalhados por tais objetos. Na elaboração do plano de ação, procurou-se enquadrar cada “W” e cada “H” proposto pelo método 5W2H aos conteúdos trabalhados, ao público-alvo, aos fins de seu desenvolvimento, aos meios para consecução dos objetivos, e aos pré-requisitos necessários para garantir que o objeto de aprendizagem BIM fosse empregado de forma efetiva no ensino-aprendizagem. Para utilizar o plano basta substituir o comando apresentado entre colchetes por seu respectivo “W” ou “H”, mantendo a formação padrão da frase. O plano de ação pode ser visualizado logo abaixo. PLANO DE AÇÃO: Para o ensino de [WHAT], em [WHERE], procura-se facilitar a aprendizagem de [WHO] ao buscar [WHY] através de [HOW]. Tal processo pode ser iniciado [WHEN], e tem como pré-requisito [HOW MUCH].	
NÍVEIS COGNITIVOS DA TAXONOMIA DE BLOOM	
Quadro dos níveis de Bloom	
Segundo a taxonomia de Bloom, desenvolvida por Benjamin Bloom, existem seis principais categorias do domínio cognitivo: “conhecimento, compreensão, aplicação, análise, síntese e avaliação” (BLOOM et al., 1983, p. 3-7). Baseado nessa Taxonomia, pode-se identificar diferentes níveis de complexidade do processo de aprendizagem. O nível “conhecimento” traz referência à habilidade de identificar a informação, partindo de situações anteriores; o nível “compreensão” referencia a habilidade de demonstrar a compreensão da informação, possibilitando sua reprodução por meio de ideias próprias; o nível “aplicação” é referente à habilidade de usufruir da informação em situações ou problemas concretos; o nível “análise” se refere à habilidade de estruturar a informação, separando as partes e estabelecendo relações para explicá-las; o nível “síntese” traz referência à habilidade de relacionar a informação de diferentes fontes, para a produção de uma nova informação; e o nível “avaliação” se refere à habilidade de fazer julgamentos de valor sobre algo, considerando critérios conhecidos.	
DIRETRIZES CURRICULARES NACIONAIS	
Quadro das DCNs	
Segundo a ABMES (2019), as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) dos cursos de graduação em engenharia conduzem Instituições de Ensino Superior no processo de formação de discentes nas diversas áreas de engenharia. As DCNs estão voltadas a seis assuntos de grande relevância para o funcionamento dos cursos de graduação em engenharia, sendo eles: Perfil esperado do egresso e suas áreas de atuação; Organização dos cursos de graduação em engenharia; Atividades curriculares; Implementação e avaliação; Perfil dos docentes; e Competências e habilidades gerais na formação de discentes. Nesta ferramenta, concentraremos nas competências e habilidades essenciais para a formação de discentes na área de Engenharia.	
COMPETÊNCIAS BIM	
Quadro das Competências BIM	
Segundo a iniciativa BIM Excellence (2020), a tabela de competências BIM pode ser utilizada em programas educacionais que buscam relacionar a aprendizagem ao desenvolvimento de competências BIM. Tais competências representam uma habilidade, uma atividade ou um resultado que pode ser avaliado, aprendido ou aplicado. Todas as competências são listadas e vinculadas a determinados assuntos, organizados em oito grandes grupos: Conjunto gerencial; Conjunto administrativo; Conjunto funcional; Conjunto operacional; Conjunto técnico; Conjunto de implementação; Conjunto de suporte; e Conjunto de pesquisa e desenvolvimento.	
USOS DO MODELO	
Quadro dos usos do modelo	
Segundo a iniciativa BIM Excellence (2020), os Usos do Modelo em Domínios (UMD) são específicos a cada atividade laboral. Atualmente existem 76 UMDs voltados a atividades de construção, os quais são chamados também, de maneira simplificada, de usos do BIM. Tais usos são classificados em sete categorias: Captura e Representação; Planejamento e Projeto; Simulação e Quantificação; Construção e Fabricação; Operação e Conservação; Monitoramento e Controle; e Vinculação e Extensão.	
PROPÓSITOS DO BIM	
Quadro dos propósitos do BIM	
Segundo o grupo CIC/PSU (2020), o sistema de classificação de usos do BIM categoriza os propósitos principalmente quanto ao objetivo (ou finalidade) de seu uso. A proposta é que um objetivo específico deva ser alcançado ao utilizar o BIM ao longo da vida de uma edificação. Tais objetivos são classificados em 5 grupos (Reunir; Gerar; Analisar; Comunicar; e Realizar) e 17 subgrupos (Capturar; Quantificar; Monitorar; Caracterizar; Prescrever; Organizar; Coordenar; Prognosticar; Validar; Visualizar; Transformar; Desenhar; Documentar; Fabricar; Montar; Controlar; Regularmentar).	

Fonte: O autor.

Entre as regras básicas para a utilização da ferramenta, inicialmente foram definidas quatro perguntas: O que é? A quem se direciona? Quando usar? Como usar?. Já em relação ao glossário, apresentou-se as definições dos termos: Objetos de aprendizagem BIM; Plano de ação; Níveis cognitivos da Taxonomia de Bloom; Diretrizes Curriculares Nacionais; Competências BIM; Usos do modelo; e Propósitos do BIM.

Após compreendidas todas as instruções e os termos necessários para a manipulação da ferramenta, o usuário pode então clicar em um botão, ou seja, um macro desenvolvido no próprio Excel, o qual direcionará à interface gráfica da ferramenta. Esta interface pode ser observada por meio da Figura 17.

Figura 17 – Interface gráfica da planilha interativa

Instruções:
 1 - Selecione a "área de estudo" a qual deseja encontrar Objetos de Aprendizagem BIM, ou seja, aplicações práticas do BIM relacionadas à área;
 2 - Selecione o "conteúdo de estudo" relacionado à área de estudo previamente selecionada;
 3 - Observe o Objeto de Aprendizagem BIM correspondente e o plano de ação o qual faz referência às suas características;
 4 - Para conhecer mais detalhes sobre o Objeto de Aprendizagem BIM indicado, clique na opção [\[Ver detalhes\]](#).

Selecione a área de estudo:
 Seleccione

Selecione o conteúdo de estudo:
 Seleccione

Objeto de Aprendizagem BIM correspondente:

Plano de Ação
 #N/D

[Ver detalhes \[OA-LQC\]](#)
[Ver detalhes \[OA-PEC\]](#)
[Ver detalhes \[OA-CEC\]](#)
[Ver detalhes \[OA-ACCI\]](#)
[Ver detalhes \[OA-AVEE\]](#)

[Voltar às instruções gerais](#)

Fonte: O autor.

A Figura 17 mostra que ao abrir a planilha eletrônica são dadas instruções aos usuários sobre como utilizá-la, devendo estes selecionarem a área e o conteúdo em que deseja conhecer para então visualizar os objetos de aprendizagem BIM relacionados. Após selecionados, as informações referentes ao objeto de aprendizagem BIM relacionado são visualizadas através do plano de ação. Desta maneira, o usuário pode então verificar se o objeto de aprendizagem BIM atende às suas necessidades ou não. Caso atenda, o usuário pode então clicar no botão “ver detalhes” do respectivo objeto de aprendizagem BIM, sendo redirecionado à uma nova planilha a qual permite visualizar todas as suas características. Caso não atenda, o usuário pode reiniciar a busca por um novo objeto de aprendizagem BIM adequado às suas necessidades.

A Figura 18 apresenta a ferramenta aplicada a um determinado objeto de aprendizagem BIM, após o usuário clicar no botão “ver detalhes”. O intuito neste momento é de apenas de mostrar ao leitor como funciona a utilização da ferramenta.

Figura 18 – Ferramenta aplicada a um determinado objeto de aprendizagem BIM

INSTRUÇÕES DE UTILIZAÇÃO

- 1 - Inicialmente é apresentado o detalhamento do Objeto de Aprendizagem BIM voltado ao levantamento de quantitativos e de custos. Para acessar as informações sobre esta aplicação prática do BIM, clique no botão de detalhes.
- 2 - Em seguida, abaixo é apresentada a "Bússola de Aprendizagem", a qual visa nortear o usuário sobre a integração entre o referido Objeto de Aprendizagem BIM, Competências e Habilidades, Usos e Propósitos do BIM, Plano de ação e Nível Cognitivo da Taxonomia de Bloom.
- 3 - Ao lado da "Bússola de Aprendizagem" pode ser realizada uma leitura dinâmica das informações representadas pelos códigos na gravura.

DETALHAMENTO DO OBJETO DE APRENDIZAGEM BIM VOLTADO AO LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS E DE CUSTOS

DESCRÇÃO DO OBJETO DE APRENDIZAGEM BIM
LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS

Botão de detalhes

TABELA DE LEVANTAMENTO DO MATERIAL DE PAREDE						
Tipo	Material: Nome	Material: Imagem	Material: Área	Material: Volume	Custo/m2	Custo total
Alvenaria TP01	Bloco Spido		87,91 m²	16,70 m³	\$480,00	\$017,87
Alvenaria TP01	Chapisco		175,83 m²	0,88 m³	\$480,00	\$21,88
Alvenaria TP01	Emboço		175,83 m²	3,52 m³	\$480,00	\$087,50
Alvenaria TP01	Massa corrida		175,83 m²	0,53 m³	\$480,00	\$25,19
Alvenaria TP01	Pintura Beje		87,91 m²	0,07 m³	\$480,00	\$3,76
Alvenaria TP01	Pintura Branca		87,91 m²	0,07 m³	\$480,00	\$3,76

BÚSSOLA DE APRENDIZAGEM
(Integração entre Objeto de Aprendizagem BIM, Competências e Habilidades, Usos e Nível da Taxonomia de Bloom)

- Competências e habilidades DCNs
- Competências BIM - BIMe
- Usos do BIM - CIC/PSU
- Usos do modelo - BIMe
- Template

LEITURA DINÂMICA DAS COMPETÊNCIAS E USOS
Instruções: posicione o mouse aqui

Compet. e Hab.	Compet. e Hab.	Usos do BIM	Usos do modelo
I b (+)	02 (+)	01 02 (+)	4130 (+)
II b (+)	03 (+)	03 (+)	04 (+)
III b (+)	04 (+)	04 (+)	05 (+)
IV b (+)	05 (+)	05 (+)	06 (+)
V a (+)	06 (+)	06 (+)	07 (+)
VI a (+)	07 (+)	07 (+)	08 (+)
VII a (+)	08 (+)	08 (+)	09 (+)
VIII a (+)	09 (+)	09 (+)	10 (+)
IX a (+)	10 (+)	10 (+)	11 (+)
X a (+)	11 (+)	11 (+)	12 (+)

NÍVEL COGNITIVO DA TAXONOMIA DE BLOOM
Instruções: posicione o mouse aqui

Nível da Taxonomia de Bloom: 3 | Aplicação

Detalhes: Traz referência à habilidade de usufruir da informação em situações ou problemas concretos.

Relacionamento do nível cognitivo de Bloom à área de Gerenciamento da Construção: O nível "aplicação" é atingido através de aplicações práticas que concretizam a aprendizagem dos conceitos ou teorias aprendidas.

Fonte: O autor.

Ainda de acordo com a Figura 18, o usuário inicialmente encontra instruções de utilização da ferramenta. Em seguida, o mesmo pode visualizar informações sobre o objeto de aprendizagem BIM escolhido. Posteriormente, a bússola de aprendizagem é apresentada, a qual relaciona o respectivo objeto de aprendizagem BIM às competências e habilidades, aos usos do modelo, aos propósitos do BIM, ao plano de ação e ao nível cognitivo da taxonomia de Bloom.

Na parte em que é apresentado o objeto de aprendizagem BIM, há um botão que possibilita ao usuário conhecer seus detalhes, bem como o passo a passo de sua utilização, ou seja, as instruções. Um exemplo em relação a este detalhamento é apresentado através da Figura 19.

Figura 19 – Detalhamento de um objeto de aprendizagem

Descrição do Objeto de Aprendizagem BIM - Levantamento de quantitativos e custos



1 - Apresentação do projeto* simplificado e compatibilizado em BIM.

*Trata-se de um empreendimento fictício, de 60 m², médio padrão, o qual apresenta uma sala de estar integrada à cozinha, um banheiro social, uma suite e uma varanda.

Dados de Identidade	
Nome de imagem	
Modelo	Residência Antiga Wood Archer
Fabricante	Estabell
Composição de tipo	
URL	
Descrição	
Imagem de montagem	
Imagem de montagem	
Marca de tipo	
Custo	588,00

2 - Análise das informações armazenadas* dos componente ou sistema de construção, compondo um banco de dados da ferramenta BIM.

*Tipos de informação: nome do fabricante, modelo, custo, etc.



3 - Levantamento de quantitativos e de custos do projeto. No caso dos sistemas, como pisos ou paredes, são analisadas suas camadas para facilitar a identificação dos componentes que estão sendo quantificados. Na figura ao lado, percebe-se um sistema de alvenaria, o qual é composto por bloco, chapisco, emboço, reboco, massa e pintura.

TABELA DE LEVANTAMENTO DO MATERIAL DE PAREDE						
Material	Imagem	Material	Material	Custo/m2	Custo total	
Nome		Area	Volume			
Alvenaria TPO1	Bloco tipo	67,81 m²	14,70 m³	\$480,00	\$8117,87	
Alvenaria TPO1	Chapisco	178,89 m²	0,89 m³	\$480,00	\$421,88	

TABELA DE PISOS						
Material	Imagem	Material	Material	Custo/m2	Custo total	
Nome		Area	Volume			
Alvenaria TPO1	Grande	Sistema Simetrica Softgrass	Decorativo	17,56 m²	\$92,00	\$1626,32
Alvenaria TPO1	Piso	Epoxilaminado Cimento Esmerilhado	Elara	1,19 m²	\$194,00	\$230,86
Alvenaria TPO1	Piso interno	Porcelanado Antiga Wood Archer	Estabell	38,55 m²	\$89,90	\$3455,59
Alvenaria TPO1	Piso varanda	Porcelanado Cimento Esmerilhado	Elara	1,08 m²	\$97,90	\$105,74
Alvenaria TPO1	Solaina	Solaina Preto São Gabriel	Massa Cinza	0,55 m²	\$59,90	\$32,95
						\$3115,96

4 - Extração das tabelas de quantitativos por meio da própria ferramenta BIM*. Nestas tabelas, além dos quantitativos, são apresentadas também as informações dos componentes de construção e de seus custos.

*Salienta-se que a extração das tabelas deve ser realizada ao final do processo, a fim de que a automatização não prejudique o entendimento completo do processo de levantamento de quantitativos do projeto em que se está trabalhando com os alunos.

$Ct = 1.562,62 + 155,48 + 5.169,50 + 4.973,40 + 6.115,65 + 15.431,05$
 $= R\$ 33.407,70$

5 - Cálculo do custo total (Ct) dos componentes do projeto.

Passo a passo para
utilização dos objetos
de aprendizagem BIM

Fonte: O autor.

Nota-se através da Figura 19, que o detalhamento do objeto de aprendizagem BIM traz instruções ao usuário para o seu emprego. Entende-se que não é preciso identificar as ferramentas BIM, bem como os comandos utilizados em software, mas apenas mostrar ao usuário como deve ser realizado o processo, dando liberdade para que este defina o software que tem maior afinidade de manipulação, já que várias são as possibilidades de atendimento às suas necessidades.

A ferramenta desenvolvida, a qual integra objetos de aprendizagem BIM, pode ser encontrada e baixada através dos links apresentados no Apêndice F.

3.4.4 Avaliação

Na Etapa 4 do trabalho, denominada “Avaliação”, buscou-se avaliar os impactos das ações implementadas para a resolução dos problemas conhecidos.

A ferramenta proposta foi analisada na perspectiva de seu usuário, ou seja, dos docentes. Para sua avaliação, procurou-se estabelecer critérios, elaborados através de uma análise da percepção ao manipular a ferramenta. Os critérios foram medidos quanto à leitura, à interatividade usuário-ferramenta, ao entendimento, à aplicação e à completude. O Quadro 18 apresenta os critérios analisados, bem como o significado de cada um destes.

Quadro 18 – Critérios de avaliação da ferramenta de planejamento do ensino-aprendizagem

Critérios	Significado
Leitura	A ferramenta apresenta palavras e gravuras de simples compreensão ?
Interatividade usuário-ferramenta	A ferramenta é de fácil manipulação? Seu uso é intuitivo ?
Entendimento	A ferramenta apresenta fácil compreensão das instruções dadas e dos conteúdos trabalhados ?
Aplicação	A ferramenta é viável de ser aplicada na prática (Ex: Sala de aula, laboratório, etc) ?
Completude	A ferramenta está completa e pronta para o uso ?

Fonte: O autor.

No processo de avaliação da ferramenta proposta foram entrevistados seis docentes, que ensinam disciplinas voltadas à área de Gerenciamento da Construção e que conhecem e utilizam o BIM em suas disciplinas. Cada entrevista foi realizada individualmente de forma remota através da plataforma Google Meet e durou cerca de cinquenta minutos.

Inicialmente foi apresentada a ferramenta desenvolvida, onde o docente pôde através de instruções dadas entender o funcionamento e manipular a ferramenta conforme seu interesse. Ao longo da entrevista, o docente entrevistado geralmente apresentava feedbacks, muitas vezes com elogios, mas também com críticas construtivas para aprimorar a ferramenta.

Ainda no processo de entrevistas, um formulário foi compartilhado com os docentes selecionados para o registro de suas avaliações, devendo estes apresentarem informações sobre sua instituição de ensino de origem, sua cidade e as disciplinas as quais lecionam. O modelo do questionário aplicado para o levantamento das informações é encontrado no Quadro 19.

Quadro 19 – Modelo de levantamento de informações sobre os docentes

Docente	Instituição de ensino	Cidade	Disciplina
D1			
D2			
D3			
D4			
D5			
D6			

Fonte: O autor.

Ao final, o entrevistado fora então solicitado a iniciar a avaliação da ferramenta, com base nos critérios apresentados. A escala de resultados varia entre 1 e 5 para cada critério, onde o valor 1 corresponde à “Não concordo” e 5 corresponde à “Concordo totalmente”. Quanto à “nota final”, também apresentada no mesmo quadro, esta se refere a uma nota geral para a ferramenta diante de todo o contexto apresentado em uma escala variando de 0 a 10, onde 0 indica que “não está boa e inadequada ao uso” e 10 indica que “está muito boa e adequada ao uso”. O modelo de avaliação da ferramenta é apresentado no Quadro 20.

Quadro 20 – Modelo de avaliação da ferramenta de acordo com os critérios estabelecidos

Docente	Critérios					Nota Final
	Leitura	Interatividade usuário-ferramenta	Entendimento	Aplicação	Completeness	
D1						
D2						
D3						
D4						
D5						
D6						

Fonte: O autor.

3.4.5 Conclusão

Na Etapa 5 do trabalho, denominada “Conclusão”, buscou-se relatar as lições aprendidas no estudo, expondo os objetivos da pesquisa atingidos e não-atingidos, e indicando quais foram os fatores limitantes, com o intuito de incentivar o desenvolvimento de novas pesquisas que possam vir a aprimorar o modelo desenvolvido.

4 RESULTADOS

Tendo em vista a busca pelo cumprimento dos objetivos propostos pela pesquisa, com base nos métodos apresentados para atingir tais finalidades, são apresentados os resultados do trabalho. Ao serem integrados, tais resultados visam o cumprimento do objetivo principal da pesquisa.

4.1 Conscientização do problema

Esta seção da revisão bibliográfica, tratar-se-á da etapa de conscientização do problema, onde serão apresentados os conteúdos de Gerenciamento da Construção os quais os alunos sentiram dificuldades de aprendizagem, o contexto da inserção do BIM na área do ensino em Gerenciamento da Construção, no Brasil e no mundo, e as competências e habilidades que os discentes devem desenvolver ao longo de sua formação.

4.1.1 Identificação das dificuldades de aprendizagem sobre os conteúdos de Gerenciamento da Construção

Após aplicar os questionários aos ex-alunos da disciplina de GCC I/UFC, como fora explanado no item 3.4.1 – “item a” do trabalho, foram identificadas as dificuldades de aprendizagem que os discentes apresentaram em relação aos conteúdos de Gerenciamento da Construção. As dificuldades de aprendizagem são apresentadas no Apêndice A. A análise dos dados ocorreu através da análise de conteúdo. Segundo Chizzoti (2011) e Krippendorff (2004) a análise de conteúdo visa interpretar o conteúdo de um texto, extraindo significados e estruturando uma compreensão representativa de todo o conteúdo. Gibbs (2009) salienta que tal procedimento deve se transformar em uma análise clara, compreensível, criteriosa e confiável. A análise das informações é apresentada através das Tabelas 1 a 4, as quais indicam as maiores frequências das dificuldades apresentadas pelos discentes em relação aos assuntos de orçamentação, planejamento e controle de obras, incorporação e estudo de viabilidade, respectivamente.

Tabela 1 – Dificuldades sobre os conteúdos de orçamentação

Assunto: Orçamentação	Frequência (absoluta)	Frequência (em %)
Levantamento de quantitativos	14	25,00
Composição de custos	13	23,21
BDI	10	17,86
Plano de contas	1	1,79
Métodos de orçamentação	4	7,14
Curva ABC	5	8,93
Custo Unitário Básico (CUB)	2	3,57
Estimativa de custos	7	12,50

Fonte: O autor.

Tabela 2 – Dificuldades sobre os conteúdos de planejamento e controle de obras

Assunto: Planejamento e Controle de obras	Frequência (absoluta)	Frequência (em %)
Diagrama de blocos/precedências	7	12,73
Diagrama PERT/CPM	9	16,36
EAP	3	5,45
Gráfico de Gantt	7	12,73
Linha de balanço	11	20,00
Plano de ataque da obra	7	12,73
Nivelamento de recursos	1	1,82
Níveis de planejamento	3	5,45
Histograma e Curva S	3	5,45
Técnicas de rede	2	3,64
Método do Valor Agregado	1	1,82
Controle da produção de obra	1	1,82

Fonte: O autor.

Tabela 3 – Dificuldades sobre os conteúdos de incorporação

Assunto: Incorporação	Frequência (absoluta)	Frequência (em %)
Montagem das tabelas da NBR 12.721	13	54,17
Conceitos sobre incorporação imobiliária	11	45,83

Fonte: O autor.

Tabela 4 – Dificuldades sobre os conteúdos de estudo de viabilidade

Assunto: Estudo de viabilidade	Frequência (absoluta)	Frequência (em %)
Montagem do fluxo de caixa	5	18,52
Análise da viabilidade do empreendimento	15	55,56
Formação de preço	7	25,93

Fonte: O autor.

Em relação às respostas, percebe-se que no assunto “orçamentação”, o conteúdo referente ao “Levantamento de quantitativos” foi o que os alunos sentiram maior dificuldade em entender, seguido por “Composição de custos”. Dentre as maiores dificuldades em relação a estes conteúdos, pode-se citar problemas de abstração, devido muitos dos alunos iniciarem a disciplina de GCC I/UFV sem possuírem experiências prévias no mercado de trabalho, dificultando assim a leitura e a compreensão dos projetos (arquitetura, estruturas, instalações,

etc), bem como a análise dos custos. Como sugestão, muitos deles sugeriram vincular o ensino deste conteúdo à utilização de softwares para automatizar a quantificação dos materiais usados nos projetos, bem como de seus custos, aproximando, dessa maneira, à realidade do mercado.

Em relação ao assunto “Planejamento e controle de obras”, as maiores dificuldades encontradas foram em relação aos conteúdos: Gráfico de Gantt, Linha de Balanço, Diagrama de Precedências ou Blocos, Diagrama PERT/CPM, Plano de ataque e Níveis de Planejamento. A maior dificuldade dos alunos em relação aos conteúdos foi não ter tido uma maior aproximação à prática, bem como o uso de softwares que pudessem facilitar o entendimento, pois apesar dos conceitos teóricos terem sido ensinados, muitos deles não estavam relacionados a exemplos práticos, dificultando assim a compreensão dos assuntos.

Em referência ao assunto "Incorporação", a maior dificuldade foi em relação à “Montagem das tabelas da NBR 12.721:2006”, seguido pelos “Conceitos sobre incorporação”. Em relação aos conceitos, muitos relataram dificuldades de entendimento por se tratar de um primeiro contato com o assunto, o qual exigiu conhecimento sobre muitos termos técnicos, os quais demandam uma maior carga de leitura e experiência sobre o assunto para o completo entendimento. Quanto à montagem das tabelas da NBR 12.721:2006, muitos dos alunos comentaram que este assunto foi “desinteressante” e “cansativo”, devido ser um processo bastante mecânico e abstrato. Para sanar esta dificuldade, muitos dos alunos sugeriram tornar o processo mais automatizado, além de tentar vincular o assunto a processos que possam facilitar o aprendizado.

Por fim, quanto ao assunto “Estudo de viabilidade”, foram notadas dificuldades em relação à “Análise da viabilidade do empreendimento”, “Montagem do fluxo de caixa” e “Formação de preço”. Dentre as principais dificuldades, a maior parte delas estava relacionada ao aprendizado superficial deste conteúdo, o que ocasionava insegurança para analisar a viabilidade financeira de um empreendimento. Como sugestão, alguns comentaram sobre a possibilidade de vincular o ensino deste conteúdo a softwares que possibilitem analisar a viabilidade de um empreendimento de uma forma mais complexa, facilitando assim o entendimento do conteúdo.

4.1.2 Integração do BIM aos conteúdos de Gerenciamento da Construção: Como integrar e quais as vantagens e as desvantagens dessa integração na aprendizagem?

Após aplicar os questionários aos ex-alunos da disciplina de GCC I/UFC, como fora explanado no item 3.4.1 – “item b” do trabalho, foi possível conhecer o atual cenário da

utilização do BIM como instrumento ao ensino de Gerenciamento da Construção, entendendo como integrá-lo aos conteúdos, e identificando as vantagens e as desvantagens desta integração.

No tocante às respostas, de forma unânime, todos os alunos concordaram que o BIM pode ajudar no aprendizado dos conteúdos de GCC I/UFC. Nos Apêndices B e C, ao final deste trabalho, estão apresentadas as respostas dos entrevistados as quais indicam seus posicionamentos quanto ao potencial de utilização do BIM, e quanto às vantagens e às desvantagens do uso do BIM no processo, respectivamente.

Em relação ao assunto “Orçamentação”, os conteúdos “Levantamento de quantitativos”, “Composição de custos” e “Curva ABC” foram os que os discentes identificaram uma maior possibilidade de integração ao BIM, nesta ordem. Como potenciais aplicações, os ex-alunos relataram que o BIM poderia ser utilizado na disciplina para facilitar a leitura dos projetos e compreender com maior facilidade o levantamento dos quantitativos de materiais através de modelos tridimensionais. Para automatizar o processo, os discentes sugeriram que ferramentas BIM também poderiam estar vinculadas a planilhas do Excel para extração das tabelas de quantitativos e custos de materiais. Quanto ao conteúdo “Curva ABC”, apesar de alguns dos entrevistados acharem que o BIM pode trazer contribuições na aprendizagem ao diminuir a abstração do conteúdo, tornando-o “mais visual”, os mesmos não souberam informar com maior quantidade de detalhes como fazer isso.

Em relação ao assunto “Planejamento e controle de obras”, os conteúdos “Gráfico de Gantt”, “Níveis de planejamento”, “Plano de ataque”, “Linha de balanço”, “Diagrama PERT/CPM” e “Histograma e Curva S” foram os que os entrevistados visualizaram maior potencial de aplicação do BIM para facilitar o aprendizado. A maioria dos discentes sugeriram que o BIM pode contribuir no planejamento e controle de obras por meio de simulações 4D, ao vincular o modelo tridimensional ao cronograma de atividades, possibilitando executar uma construção virtualmente. Por meio de simulações 4D, os alunos, em sua maioria, afirmam que o BIM pode contribuir no entendimento do Gráfico de Gantt, Níveis de planejamento, Linha de balanço e Diagrama PERT/CPM. Quanto aos conteúdos “Plano de ataque” e “Histograma e Curva S”, apesar de os entrevistados considerarem que o BIM pode ser um aliado para oferecer melhorias em relação ao entendimento destes conteúdos, os mesmos não souberam informar com maiores detalhes como as ferramentas do BIM podem ser utilizadas para atender este objetivo.

Em relação ao assunto “Incorporação”, praticamente todos os alunos não sabem como integrar o BIM para facilitar o aprendizado dos “Conceitos sobre incorporação imobiliária” e da “Montagem das tabelas da NBR 12.721:2006”. Apesar disso, um dos

entrevistados relatou que “O BIM poderia de alguma forma deixar o processo da montagem das tabelas de forma mais automatizada”, para isso, o mesmo comentou que “As informações dos projetos poderiam ser vinculadas à planilha a qual estão sendo elaboradas as tabelas da Norma”.

Finalmente, em relação ao assunto “Estudo de viabilidade”, foram identificadas através das entrevistas potenciais aplicações do BIM na aprendizagem dos conteúdos “Análise da viabilidade de empreendimentos” e “Montagem do fluxo de caixa”. Em relação ao primeiro conteúdo, alguns entrevistados informaram que existem softwares BIM no mercado que são voltados à análise da viabilidade de empreendimentos, então os mesmos poderiam ser utilizados na disciplina, para facilitar a tomada de decisão sobre a viabilidade. Quanto ao “fluxo de caixa”, apesar dos discentes acreditarem que o BIM possui potencial para contribuir na aprendizagem do conteúdo, os mesmos não souberam definir com clareza como utilizar o BIM neste processo.

4.1.3 O cenário atual do uso do BIM no ensino de Gerenciamento da Construção em ambiente nacional

Após o levantamento de publicações nacionais, como fora explanado no item 3.4.1 – “item b” do trabalho, foi possível conhecer como o BIM vem sendo empregado no ensino de Gerenciamento da Construção em universidades brasileiras. No caso das publicações nacionais, analisou-se publicações do ENEBIM referentes aos anos de 2018, 2019 e 2021. Constatou-se que onze delas apresentavam o conteúdo afim aos objetivos desta pesquisa, já que as demais abordavam assuntos diferentes à área de Gerenciamento da Construção. As publicações selecionadas são apresentadas no Quadro 21, enquanto as descrições das mesmas são encontradas no Apêndice D.

Quadro 21 – Publicações selecionadas do ENEBIM

ID	Tema	Autores	Ano do Evento
1	Elaboração de templates para orçamentação	Castro e Travassos	2018
2	Roteiro didático para extração de quantitativos	Pereira e Ribeiro	2018
3	Uso de programação para estudos de viabilidade	Andrade e Griz	2019
4	Uso do BIM através do método ABPj no ciclo de vida da edificação	Barbosa, Sousa e Gonçalves	2019
5	Utilização de template BIM voltado a conteúdos de gerenciamento da construção e análise das competências desenvolvidas	Flores e Saraiva	2019
6	Uso de recursos BIM integrados a projetos de fundação	Giesta e Costa	2019

Continuação do Quadro 21 – Publicações selecionadas do ENEBIM

ID	Tema	Autores	Ano do Evento
7	Aplicações práticas do BIM para o ensino de avaliação dos custos de construção através da NBR 12.721:2006	Borges et. al	2021
8	Aplicações práticas do BIM para o ensino de levantamento de quantitativos e de custos	Borges, Lima e Barros Neto	2021
9	Aplicações práticas do BIM para o planejamento e o controle de execução de uma obra	Borges, Lima e Barros Neto	2021
10	BIM 4D e 5D aplicado à disciplina de orçamento de empreendimentos	Castro	2021
11	BIM e o ensino híbrido para gestão da construção	Lima e Melo	2021

Fonte: O autor.

As publicações encontradas do ENEBIM indicam que o volume de publicações que integram o BIM à área de Gerenciamento da Construção vem crescendo. Em relação ao ano de 2018, tem-se 2 publicações, uma delas trata da elaboração de *templates*, cujo possibilitou o desenvolvimento de competências BIM operacionais, técnicas e de implementação. Já a outra trata da elaboração de um roteiro didático para a extração de quantitativos. Quanto ao ano de 2019, tem-se 4 publicações, onde são realizados estudos também contemplando a elaboração de *templates*, o uso da programação para estudos de viabilidade, estudos referentes à análise do ciclo de vida da edificação, e o uso de ferramentas BIM integradas a projetos de fundação. Por fim, em referência ao ano de 2021, tem-se 5 publicações, as quais correspondem a estudos voltados a aplicações práticas do BIM para o levantamento de quantitativos e de custos, para o planejamento e controle de execução de obra, e para incorporação. Nota-se, por meio das publicações identificadas, que a variedade de assuntos os quais o BIM se relaciona mostra seu potencial para a organização e otimização de processos voltados ao ensino de Gerenciamento da Construção, ascendendo sua utilização em âmbito nacional.

4.1.4 O cenário atual do uso do BIM no ensino de Gerenciamento da Construção em ambiente internacional

Após o levantamento de publicações internacionais, como fora explanado no item 3.4.1 – “item b” do trabalho, foi possível conhecer como o BIM vem sendo empregado no ensino de Gerenciamento da Construção em universidades fora do Brasil. No caso das publicações internacionais, como resultado foram selecionadas 17 publicações, as quais são apresentadas no Quadro 22. As descrições destas publicações são encontradas no Apêndice E.

Quadro 22 – Publicações selecionadas na RSL

ID	Título da publicação	Autores	Pont	Ano	Jornal, Revista ou Congresso
1	Introducing an advanced Building Information Modeling course in construction management programs	Huang, Y.	73	2017	ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings
2	BIM (Building Information Modeling) Education Program in KSA: A Case Study of BIM program at Prince Sultan University	Yi, T. and Yun, S.	55	2018	E3S Web of Conferences
3	Virtual Construction + Collaboration Lab: Setting a new paradigm for BIM education	Ghosh, A.	52	2012	ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings
4	Ensino de BIM em curso de graduação em engenharia civil em uma universidade dos EUA - estudo de caso	Basto, Priscilla Elisa de Azevedo; Lordsleem Junior, Alberto Casado	51	2016	Ambiente Construído
5	Collaboration and coordination learning modules for BIM education	Bozoglu, J.	50	2016	Journal of Information Technology in Construction
6	Project based learning with implementation planning for student engagement in BIM classes	Zhang, J. and Xie, H. and Li, H.	49	2018	International Journal of Engineering Education
7	Experiential and Project-based Learning in BIM for Sustainable Living with Tiny Solar Houses	Wu, W. and Hyatt, B.	47	2016	Procedia Engineering
8	Process-oriented approach of teaching building information modeling in construction management	Wang, L. and Leite, F.	37	2014	Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice
9	Project-based learning in a building information modeling for construction management course	Leite, F.	35	2016	Journal of Information Technology in Construction
10	A Case Study in Integrating Lean, Green , BIM into an Undergraduate Construction Management Scheduling Course	Bradley A. Hyatt	28	2011	ASC Annual International Conference Proceedings
11	Interoperable Learning Leveraging Building Information Modeling (BIM) in Construction Education	Clevenger, C. and Glick, S. and del Puerto, C.L.	26	2012	International Journal of Construction Education and Research
12	Use of augmented reality technology to enhance comprehension of construction assemblies	Bademosi, F. and Blinn, N. and Issa, R.R.A.	22	2019	Journal of Information Technology in Construction
13	Mapping of BIM process for teaching lean	Ramalingam, S.	17	2018	IGLC 2018
14	Using "choosing by Advantages" and 4D Models to Select the Best Construction-Flow Option in a Residential Building	Murguia, D. and Brioso, X.	12	2017	Procedia Engineering
15	Utilizing BIM in a design-build competition program	Philipp, N.H.	11	2015	ASEE Annual Conference and Exposition
16	A preliminary study on upper-level building information modeling education for construction management students	Lee, N. and Reeder, L.	10	2016	ASEE Annual Conference and Exposition
17	Teaching Takt-Time, Flowline, and Point-to-point Precedence Relations: A Peruvian Case Study	Brioso, X. and Murguia, D. and Urbina, A.	10	2017	Procedia Engineering

Fonte: O autor.

As publicações encontradas estão relacionadas a diversos temas de integração do BIM à área de Gerenciamento da Construção. Alguns trabalhos tratam da implementação do BIM a programas de Gerenciamento de Construção em universidades, utilizando-se prioritariamente metodologias ativas de ensino, como ABPj, as quais se voltam a diversos níveis cognitivos de aprendizagem de discentes. Nestes programas, são utilizadas diversas ferramentas BIM, entre elas: Revit, Navisworks, Bluebeam Revu, ReCap, voltadas a estimativas de quantitativos de materiais e custos, programação de atividades, logística de canteiro de obras e detecção de conflitos, controle de documentos, simulação de construção, etc. Diversas aplicações práticas do BIM são relatadas em disciplinas, *workshops* ou competições estudantis, as quais desafiam alunos a buscarem por soluções que possam ser efetivas aos problemas deparados. Alguns conteúdos mais aprofundados voltados à área de Gerenciamento da Construção e que se vinculam ao BIM também são trabalhados, como takt-time, Lean, Green, LEED, LPS. Portanto, através das publicações selecionadas, vê-se o BIM como um potencial auxiliador ao ensino de conteúdos de Gerenciamento da Construção em instituições estrangeiras, aproximando o contato de discentes ao mercado de trabalho.

4.1.5 Competências e habilidades essenciais à formação de discentes

De acordo com método que fora explanado no item 3.4.1 – “item c” do trabalho, diversas foram as competências levantadas e que são importantes de serem desenvolvidas em discentes ao longo de sua formação na área de Gerenciamento da Construção. Em relação às DCNs, estão as competências técnicas, resolução de problemas, empreendedora, liderança, comunicação, trabalho em equipe e normalização. Quanto às competências BIM, estão as competências gerenciais, administrativas, funcionais, operacionais, técnicas, de implementação, de suporte, e de pesquisa e desenvolvimento. As competências e habilidades das DCNs estão apresentadas no Anexo A, e as competências BIM estão apresentadas no item 2.4.5 deste trabalho.

4.2 Desenvolvimento de objetos de aprendizagem BIM

A seguir estão apresentados os objetos de aprendizagem BIM desenvolvidos para os conteúdos os quais os discentes encontraram dificuldades de entendimento. Apresenta-se inicialmente a descrição dos objetos de aprendizagem BIM, seguidos pela bússola de aprendizagem.

4.2.1 Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC: Levantamento de Quantitativos e de Custos

4.2.1.1 Descrição do Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC

A Figura 20 mostra a interface gráfica da planilha eletrônica atribuída ao usuário que deseja conhecer e trabalhar com o Objeto de Aprendizagem BIM voltado à área de Gerenciamento da Construção (GC), mais precisamente ao Levantamento de Quantitativos e de Custos (LQC).

Figura 20 – Interface gráfica de escolha do Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC

Instruções:

- 1 - Selecione a "área de estudo" a qual deseja encontrar Objetos de Aprendizagem BIM, ou seja, aplicações práticas do BIM relacionadas à área;
- 2 - Selecione o "conteúdo de estudo" relacionado à área de estudo previamente selecionada;
- 3 - Observe o Objeto de Aprendizagem BIM correspondente e o plano de ação o qual faz referência às suas características;
- 4 - Para conhecer mais detalhes sobre o Objeto de Aprendizagem BIM indicado, clique na opção [\[Ver detalhes\]](#).

Seleção a área de estudo:
Orçamentação

Seleção o conteúdo de estudo:
Levantamento de quantitativos

Objeto de Aprendizagem BIM correspondente:
GC-LQC

Plano de Ação

Para o ensino de [levantamento de quantitativos e de custos], em [orçamentação], procura-se facilitar a aprendizagem dos [discentes de GCC] ao buscar [diminuir a abstração do conteúdo e melhorar a automatização do processo] através do [uso de recursos tridimensionais e de exportação automática de dados a planilhas eletrônicas]. Tal processo pode ser iniciado [após recebimento dos projetos das diversas disciplinas], e tem como pré-requisito os [projetos estarem compatibilizados em BIM e o uso de um projeto de construção simplificado].

[Ver detalhes \[OA-LQC\]](#)
[Ver detalhes \[OA-PEC\]](#)
[Ver detalhes \[OA-CEC\]](#)
[Ver detalhes \[OA-ACCJ\]](#)
[Ver detalhes \[OA-AVEE\]](#)

[Voltar às instruções gerais](#)

Fonte: O autor.

No Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC, justifica-se o uso de recursos tridimensionais para diminuir a abstração do conteúdo, além de exportação automática de dados a planilhas eletrônicas, como do Excel, para melhorar a automatização do processo. O uso de projetos de construção simplificados é sugerido, pois o foco está voltado à aprendizagem, assim, entende-se que um projeto de construção mais simples contribui para o aprendizado mais fácil e eficaz dos discentes. Em relação à compatibilização dos projetos em BIM, faz-se necessária para melhorar a precisão do levantamento de quantitativos e de custos.

O passo a passo de utilização do Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC é apresentado a seguir:

a) Apresentação do projeto compatibilizado em BIM

O projeto compatibilizado em BIM apresentado aos alunos trata-se de um empreendimento fictício, de 60 m², médio padrão, o qual apresenta uma sala de estar integrada à cozinha, um banheiro social, uma suíte e uma varanda (Figuras 21 e 22).

Figura 21 – Projeto compatibilizado em BIM para levantamento de quantitativos



Fonte: O autor.

Figura 22 – Apresentação do projeto simplificado



Fonte: O autor.

b) Análise das informações armazenadas

Após os alunos se familiarizarem com o projeto apresentado, demonstra-se aos mesmos que cada componente ou sistema de construção possui informações armazenadas, como informações sobre o modelo, nome do fabricante e custo do componente, as quais integram um grande banco de dados. Um exemplo dessas informações está apresentado na Figura 23.

Figura 23 – Informações armazenadas em um componente de piso

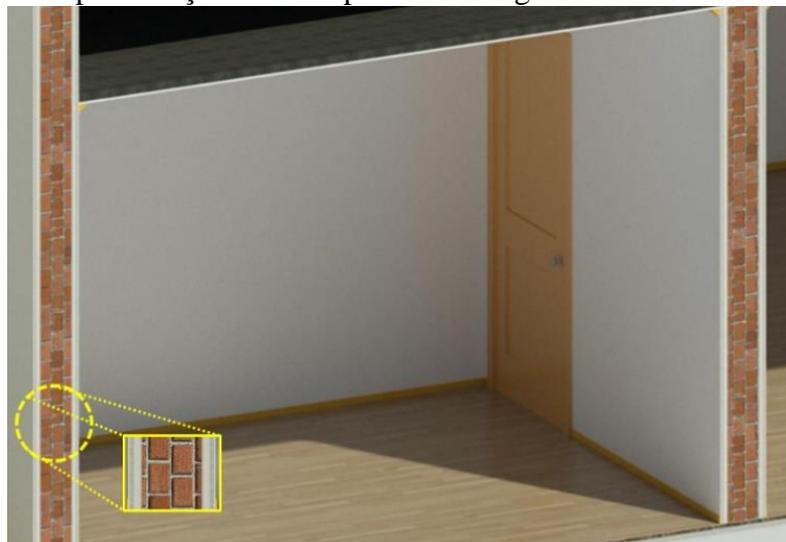
Dados de identidade	
Tipo de imagem	
Nota-chave	
Modelo	Porcelanato Antique Wood Amber
Fabricante	Elizabeth
Comentários de tipos	
URL	
Descrição	
Descrição de montagem	
Código de montagem	
Marca de tipo	
Custo	\$89.90

Fonte: O autor.

c) Levantamento de quantitativos e de custos do projeto.

Após compreendido o projeto e todas as informações a ele armazenadas, inicia-se o levantamento de quantitativos e de custos. No caso dos sistemas, como pisos ou paredes, são expostos aos discentes as camadas dos sistemas para que entendam quais materiais estão sendo quantificados (Figura 24).

Figura 24 – Apresentação dos componentes integrados ao sistema de alvenaria



Fonte: O autor.

d) Extração das tabelas de quantitativos através do BIM

Para a extração dos quantitativos dos materiais das paredes, extraem-se tabelas através da própria ferramenta BIM, no caso, o Revit (Figuras 25 e 26). Nas tabelas, além dos quantitativos, são apresentadas informações dos componentes e seus custos. Salienta-se que a extração das tabelas deve ser realizada ao final do processo, a fim de que a automatização não prejudique o entendimento completo do processo de levantamento de quantitativos do projeto em que se está trabalhando com os alunos.

Figura 25 – Tabela de quantitativos dos materiais que compõem a parede de alvenaria

TABELA DE LEVANTAMENTO DO MATERIAL DE PAREDE						
Tipo	Material: Nome	Imagem	Material: Área	Material: Volume	Custo/m2	Custo total
Alvenaria TP01	Bloco tijolo		87.91 m ²	16.70 m ³	\$480.00	8017.67
Alvenaria TP01	Chapisco		175.83 m ²	0.88 m ³	\$480.00	421.98
Alvenaria TP01	Emboço		175.83 m ²	3.52 m ³	\$480.00	1687.93
Alvenaria TP01	Massa corrida		175.83 m ²	0.53 m ³	\$480.00	253.19
Alvenaria TP01	Pintura Beje		87.91 m ²	0.07 m ³	\$480.00	33.76
Alvenaria TP01	Pintura Branca		87.91 m ²	0.07 m ³	\$480.00	33.76
Alvenaria TP01	Reboco		175.83 m ²	2.64 m ³	\$480.00	1265.95
Alvenaria TP02	Bloco tijolo		35.08 m ²	6.67 m ³	\$480.00	3199.36
Alvenaria TP02	Chapisco		70.16 m ²	0.35 m ³	\$480.00	168.39
Alvenaria TP02	Emboço		70.16 m ²	1.40 m ³	\$480.00	673.55
Alvenaria TP02	Massa corrida		70.16 m ²	0.21 m ³	\$480.00	101.03
Alvenaria TP02	Pintura Branca		70.16 m ²	0.06 m ³	\$480.00	26.94
Alvenaria TP02	Reboco		70.16 m ²	1.05 m ³	\$480.00	505.16
Total geral: 52			1352.95 m ²	34.14 m ³		16388.68

Fonte: O autor.

Figura 26 – Tabela de quantitativos das paredes internas e externas

TABELA DE PAREDES								
Tipo	Função	Imagem	Largura	Comprimento	Área	Volume	Custo/m3	Custo total
Alvenaria TP01	Exterior		0.28 m	29.16 m	87.91 m ²	24.40 m ³	\$480.00	11714.24
Alvenaria TP02	Interior		0.28 m	13.00 m	35.08 m ²	9.74 m ³	\$480.00	4674.44
					123.00 m ²	34.14 m ³		16388.68

Fonte: O autor.

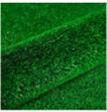
Em seguida, extraem-se tabelas com os demais componentes do projeto (Figuras 27 e 28), como forro, guarda-corpo, portas, janelas, pisos e telhados, com o intuito de que ao final do processo seja possível calcular o custo total de material utilizado.

Figura 27 – Quantitativo de forros, guarda-corpo e portas

TABELA DE FORRO								
Tipo	Modelo	Fabricante	Imagem	Área	Custo/m2	Custo total		
Forro PVC	Forro Rígido PVC	Perfilplast		47.50 m ²	\$32.90	1562.62		
						1562.62		
TABELA DE GUARDA-CORPO								
Tipo	Modelo	Fabricante	Imagem	Comprimento	Custo/m	Custo total		
Guarda-corpo 1.10m	Assinatura AmFer	YT		5.20 m	\$29.90	155.48		
						155.48		
TABELA DE PORTAS								
Tipo	Modelo	Fabricante	Imagem	Altura	Largura	Quantidade	Custo unid	Custo total
Porta c/ Batente Giratória Madeira	Madeira curupixá	Artens		2.10 m	0.85 m	4	\$684.90	\$2739.60
Porta Correr Quádrupla Envidraçada	Magnum	Atlântica		2.18 m	2.32 m	1	\$2429.90	\$2429.90
								\$5169.50

Fonte: O autor.

Figura 28 – Quantitativo de janelas, pisos e telhado

TABELA DE JANELAS									
Tipo	Modelo	Fabricante	Imagem	Altura	Largura	Quantidade	Custo unid	Custo total	
Janela de Correr Alumínio Dupla 1.20 m x 1.50 m	Alumifort	Sasazaki		1.20 m	1.50 m	3	\$989.90	\$2969.70	
Janela de Correr Aço Quadrupla 0.90 m x 1.40 m	Pratika	Sasazaki		0.90 m	1.40 m	1	\$903.90	\$903.90	
Janela Maxim-Ar Alumínio 0.50 m x 0.50 m	Alumifort	Sasazaki		0.50 m	0.50 m	2	\$549.90	\$1099.80	
								\$4973.40	
TABELA DE PISOS									
Tipo	Modelo	Fabricante	Imagem	Área	Custo/m2	Custo total			
Gramado	Grama Sintetica Softgrass	Decortech		17.96 m²	\$89.00	1598.84			
Piso banheiro	Porcelanato Cimento Esmaltado	Eliane		9.19 m²	\$195.80	900.06			
Piso interno	Porcelanato Antique Wood Amber	Elizabeth		36.55 m²	\$89.90	3285.59			
Piso varanda	Porcelanato Cimento Esmaltado	Eliane		3.08 m²	\$97.90	301.24			
Soleira	Soleira Preta São Gabriel	Villas Decor		0.50 m²	\$59.90	29.93			
							6115.65		
TABELA DE TELHADO									
Tipo	Modelo	Fabricante	Imagem	Área	Custo/m2	Custo total			
Telhado Shingle Cinza	Supreme Ar	LP Brasil		64.84 m²	\$237.99	15431.05			
							15431.05		

Fonte: O autor.

e) Cálculo do custo total de material utilizado (Ct)

Finalmente, encontra-se o custo total dos materiais escolhidos para o projeto, composto pela soma dos valores referentes aos componentes apresentados nas tabelas anteriores.

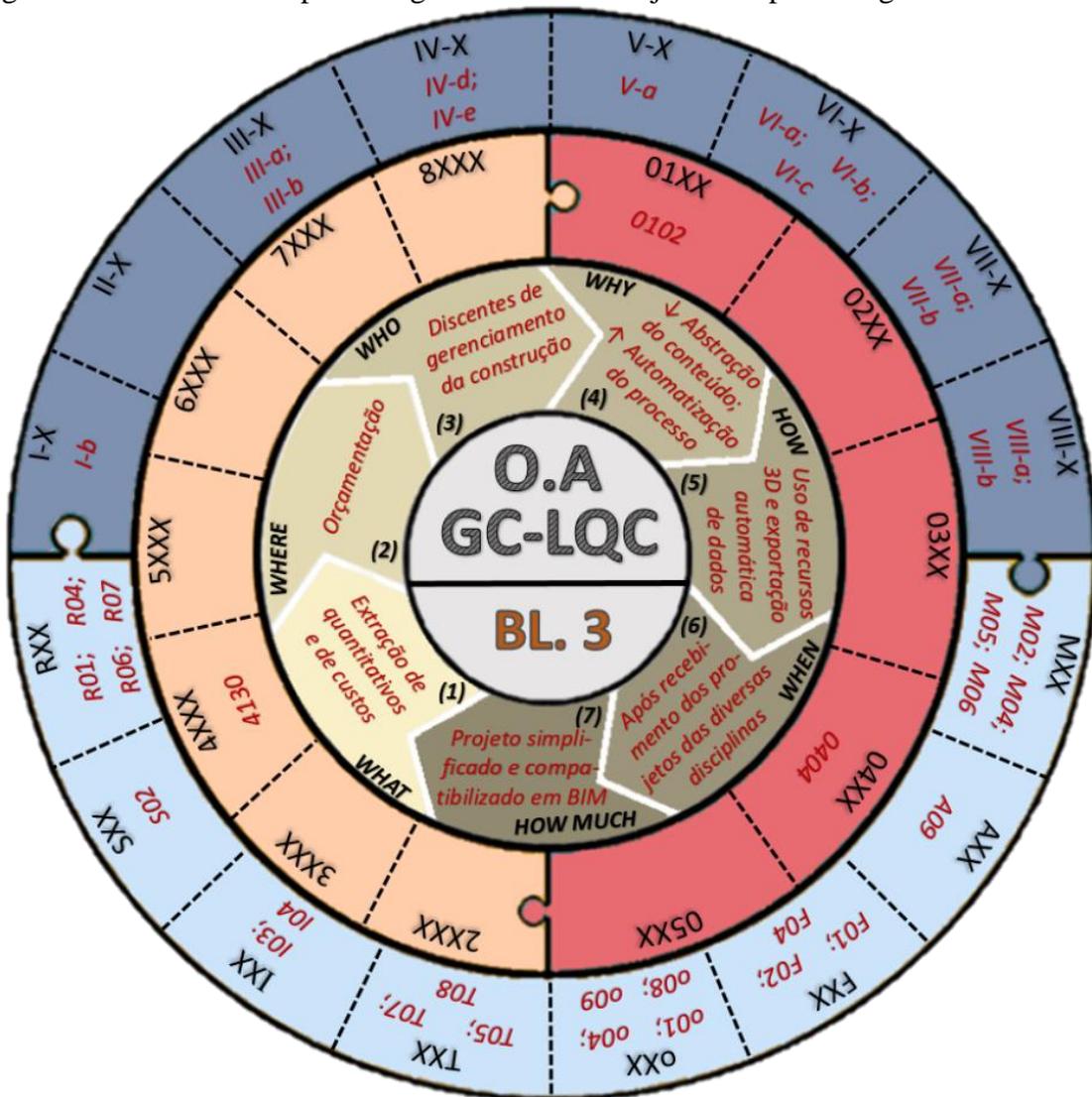
$$Ct = 1.562,62 + 155,48 + 5.169,50 + 4.973,40 + 6.115,65 + 15.431,05 = R\$ 33.407,70$$

Os arquivos utilizados no desenvolvimento do referido Objeto de Aprendizagem BIM podem ser encontrados e baixados através dos links apresentados no Apêndice F.

4.2.1.2 Vinculação do Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC à bússola de aprendizagem

Ao observar a bússola de aprendizagem voltada ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC, nota-se a existência de diversos códigos selecionados dos quadros das competências, dos usos, dos propósitos e do nível cognitivo de Bloom (Figura 29). A seleção destes códigos ocorreu por meio de análise de percepção, onde se identificou quais competências, usos, propósitos e nível cognitivo de Bloom se relacionavam a este objeto de aprendizagem.

Figura 29 – Bússola de Aprendizagem voltada ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC



Fonte: O autor.

Devido aos códigos tratarem de uma linguagem específica, a qual necessita que o usuário consulte os quadros apresentados para seu entendimento, optou-se por apresentar os códigos e sua interpretação através do recurso “comentários” do Excel, sem necessitar buscar as informações nos quadros relacionados às competências, aos usos e aos propósitos. Na Figura 30, por exemplo, pode-se visualizar as informações sobre o código “o04” do campo de “Competências BIM”.

Figura 30 – Competências, usos e propósitos do Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC

LEITURA DINÂMICA DAS COMPETÊNCIAS E USOS			
Instruções: posicione o mouse aqui			
Comp./ Hab.	Comp. BIM	Propósitos BIM	Usos do modelo
I b (+)	02 (+)	01 02 (+)	4130 (+)
III a (+)	04 (+)	04 04 (+)	
III b (+)	05 (+)		
IV d (+)	06 (+)		
IV e (+)	A 09 (+)		
V a (+)	01 (+)		
VI a (+)	F 02 (+)		
VI b (+)	04 (+)		
VI c (+)	01 (+)		
VI a (+)	o 04 (+)		
I b (+)	08 (+)		
VIII a (+)	09 (+)		
VIII b (+)	05 (+)		
	T 07 (+)		
	08 (+)		
	I 03 (+)		
	04 (+)		
	S 02 (+)		
	01 (+)		
	R 04 (+)		
	06 (+)		
	07 (+)		

Fonte: O autor.

O mesmo processo pode ser observado para o nível cognitivo da taxonomia de Bloom (Figura 31). De acordo com esta figura, nota-se que o nível cognitivo “Conhecimento” é atingido ao aluno incorporar conteúdos previamente aprendidos em disciplinas que são pré-requisitos a disciplinas de Gerenciamento da Construção, mas que possuem fundamental importância para sua aprendizagem, por exemplo, leitura e análise de projetos, análise de sistemas construtivos, etc. O nível cognitivo “Compreensão” também é atingido devido se perceber que a partir de conceitos previamente aprendidos os alunos são capazes de relacionar tais informações a novos conhecimentos, como a elaboração de orçamentos. Finalmente, o nível

cognitivo “Aplicação” é atingido, devido ao uso de aplicações práticas que permitem concretizar a aprendizagem dos conteúdos trabalhados, como aplicações BIM para a extração de quantitativos dos materiais usados no projeto de construção.

Figura 31 – Nível da Taxonomia de Bloom do Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC

Nível da Taxon. Bloom	3 Aplicação
Detalhes	Traz referência à habilidade de usufruir da informação em situações ou problemas concretos.
Relacionamento do nível de Bloom à área de GCC	O nível “aplicação” é atingido através de aplicações práticas que concretizam a aprendizagem dos conceitos ou teorias aprendidas.

Fonte: O autor.

4.2.1.3 Análise das competências e dos usos relacionados ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC

As competências, os usos e os propósitos foram selecionados através dos respectivos quadros apresentados no capítulo de Revisão Bibliográfica. A seleção destes ocorreu por meio de uma análise de percepção, onde se identificou quais se relacionavam ao objeto de aprendizagem apresentado.

- a) Competências e habilidades DCNs

O Quadro 23 apresenta as competências e habilidades das DCNs possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC.

Quadro 23 – Competências e habilidades das DCNs possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC por competências e habilidades das DCNs		
Comp.	Hab.	Função
I	b	Ensina discentes a elaborarem orçamentos que visam atender às necessidades dos clientes, de fácil compreensão, analisando as especificidades de cada empreendimento, bem como escolhendo técnicas apropriadas para cada situação.

Continuação Quadro 23 – Competências e habilidades das DCNs possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC por competências e habilidades das DCNs		
Comp.	Hab.	Função
III	a	Ensina discentes a elaborarem orçamentos utilizando recursos da Tecnologia da Informação, de forma a proporcionar maior eficiência nas atividades que envolvem o levantamento de quantitativos e o cálculo de custos do empreendimento.
	b	Ensina discentes a definirem parâmetros, através de templates, que facilitem a elaboração de orçamentos, gerando tabelas padronizadas que facilitem a leitura e interpretação.
IV	d	Estimula discentes a assumirem postura empreendedora no momento de propor soluções de engenharia. Aproximando tal conceito à área de orçamentação, os alunos podem buscar gerar soluções otimizadas, por meio de programação e outros recursos da Tecnologia da Informação, para a extração de quantitativos dos projetos e cálculo de custos de maneira eficiente e segura.
	e	Indicar aos discentes os benefícios que os recursos provenientes da Tecnologia da Informação oferecem à orçamentação, sob a ótica econômica (ao tornar o processo mais econômico em termos de tempo e recursos utilizados), legal (ao tornar mais fácil o cumprimento de normas, já que muitos softwares a integram), social (ao atender mais facilmente as necessidades de seus clientes) e ambiental (ao diminuir o dispêndio de recursos físicos, como papel e outros insumos necessários ao processo).
V	a	Treina discentes para que se expressem de maneira adequada, de forma oral ou escrita, através de termos técnicos inerentes à sua área de atuação.
VI	a	Incentiva discentes a trabalharem em grupos, presencialmente ou na nuvem, de maneira integrada e colaborativa.
	b	Estimula a integração de discentes com outros de diferentes cursos ou universidades, de forma a trocar experiências sobre distintas técnicas de orçamentação.
	c	Incentiva discentes a assumirem postura de liderança para a realização da atividade de orçamentação, indicando a importância de se definir um plano inicial, organizando as atividades e gerenciando os recursos necessários (físicos e de pessoal) para garantir eficiência ao processo, atendimento aos prazos, entre outras necessidades estabelecidas por clientes.
VII	a	Indica aos discentes a importância de realizarem um orçamento preciso, adequado a legislação, com o intuito avaliar com segurança a viabilidade do empreendimento em sua etapa inicial, bem como de evitar distorções que possam comprometer a execução da obra.
	b	Indica aos discentes a necessidade de compreenderem toda a legislação que envolve a área de orçamentação, atuando de maneira ética sob as esferas social e ambiental.
VIII	a	Incentiva discentes a participarem de pesquisas e congressos com vistas a conhecerem/disseminarem eficientes técnicas de orçamentação, bem como se atualizarem em relação aos novos e potenciais recursos que as empresas de software disponibilizam anualmente para facilitar o processo de orçamentação.
	b	Mostra aos discentes meios que facilitem a aprendizagem, como a utilização de recursos da Tecnologia da Informação para orçamentação, com o intuito de diminuir a abstração dos conteúdos que envolvem a área. Além disso, faz-se importante o incentivo à busca de conhecimentos através de diferentes fontes, quer seja por meio de pesquisas, congressos, aproximações com profissionais da área de atuação, especialistas, etc.

Fonte: O autor.

b) Competências BIM

Os Quadros 24 ao 31 apresentam as competências BIM orientadas ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC. Tais competências indicam as qualificações que os discentes devem obter para estarem aptos a atuarem como orçamentista, ao realizar principalmente atividades relacionadas ao levantamento de quantitativos e cálculo de custos.

Quadro 24 – Competências Gerenciais do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC por Competências Gerenciais do BIM		
Código	Competência	Função
M02	Liderança	Incentiva discentes a liderarem a equipe de colaboradores envolvidos com a orçamentação do empreendimento mantendo o fluxo de trabalho BIM contínuo e íntegro.
M04	Gestão organizacional	Incentiva discentes à busca pela melhoria contínua de utilização do fluxo de trabalho BIM.
M05	Desenvolvimento de negócios e gestão de clientes	Incentiva discentes, atuando como engenheiros, a buscarem maximizar o resultado alcançado pela empresa e por seus clientes. Por exemplo, através da otimização do fluxo de trabalho BIM para a extração de quantitativos e cálculo de custos, buscar-se-á por resultados cada vez melhores em relação ao tempo empreendido para a realização da respectiva atividade, à segurança e à transparência das informações obtidas. Como consequência, o resultado da empresa e de seus clientes será maximizado, beneficiando ambos os envolvidos.
M06	Aliança e Parceria	Incentiva discentes a buscarem realizar parcerias com stakeholders do empreendimento de forma a garantir um fluxo de trabalho BIM otimizado. Por exemplo, o aluno, atuando como engenheiro, pode disponibilizar instruções aos projetistas das disciplinas para que façam a elaboração do modelo conforme suas necessidades, de maneira compatibilizada em BIM, facilitando assim o processo de extração de quantitativos e o cálculo de custos dos componentes de construção.

Fonte: O autor.

Quadro 25 – Competências Administrativas do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC por Competências Administrativas do BIM		
Código	Competência	Função
A09	Gestão da qualidade	Incentiva discentes a gerirem a qualidade dos documentos obtidos ao longo da atividade de orçamentação, tais como tabelas de quantitativos e de custos, mantendo informações íntegras (sem apresentar erros).

Fonte: O autor.

Quadro 26 – Competências Funcionais do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC por Competências Funcionais do BIM		
Código	Competência	Função
F01	Funcionamento básico	Incentiva discentes a planejarem os resultados esperados oriundos de sua atuação ao utilizar o fluxo de trabalho BIM.
F02	Colaboração	Incentiva discentes a compartilharem o modelo e os documentos provenientes da atividade de orçamentação, como a tabela de quantitativos e de custos, de forma a garantir a integridade do fluxo de trabalho BIM e do trabalho colaborativo.
F04	Gerenciamento de projetos	Incentiva discentes a gerenciarem os projetos recebidos das diferentes disciplinas dos stakeholders, elaborando novos modelos e orçamentos que garantam a integridade do fluxo de trabalho BIM para seus clientes e envolvidos com as próximas atividades do processo de construção do empreendimento.

Fonte: O autor.

Quadro 27 – Competências Operacionais do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC por Competências Operacionais do BIM		
Código	Competência	Função
o01	Modelagem geral	Estimula discentes a saberem receber, ler e entender projetos em BIM de diferentes disciplinas dos stakeholders, realizarem adaptações (por exemplo, inserir dados do fabricante, informações de custos, etc), com o intuito de garantir a integridade do fluxo de trabalho BIM aos clientes e aos envolvidos com as próximas atividades do processo de construção do empreendimento.
o04	Simulação e quantificação	Estimula discentes a saberem manipular ferramentas BIM de maneira eficiente ao realizar estimativas, como a obtenção das tabelas de quantitativos e de custos.
o08	Vinculação e extensão	Estimula discentes a saberem vincular informações obtidas por meio de ferramentas BIM a planilhas eletrônicas ou outras fontes de armazenamento de dados externas.
o09	Modelagem personalizada	Estimula discentes a aprenderem a realizar adaptações necessárias ao modelo BIM compatibilizado, como acrescentar informações de fabricante, custos, etc, entregando um modelo personalizado e que atenda aos diversos usos solicitados pelos clientes.

Fonte: O autor.

Quadro 28 – Competências Técnicas do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC por Competências Técnicas do BIM		
Código	Competência	Função
T05	Documentação	Estimula discentes a gerarem documentos padronizados, como orçamentos, com o intuito de facilitar a leitura e a compreensão dos envolvidos, proporcionando integridade e continuidade do fluxo de construção do empreendimento.

Continuação do Quadro 28 – Competências Técnicas do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC por Competências Técnicas do BIM		
Código	Competência	Função
T07	Modelo de gestão	Estimula discentes a planejarem todo o processo de atuação, buscando padronizar a execução de atividades, com o intuito de diminuir ineficiências e tornar mais célere o processo de correção de eventuais problemas que possam ocorrer ao longo de sua atuação profissional.
T08	Gestão de documentos	Estimula discentes, atuando como engenheiros, a manterem organizados os processos de compartilhamento de arquivos com stakeholders, evitando possíveis perdas de informação no processo.

Fonte: O autor.

Quadro 29 – Competências de Implementação do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC por Competências de Implementação do BIM		
Código	Competência	Função
I03	Gestão de bibliotecas	Estimula discentes a saberem personalizar de maneira padronizada os componentes dos projetos das diversas disciplinas entregues pelos stakeholders. Por exemplo, inserção de códigos, dados do fabricante, informações de custo, etc.
I04	Padronização e templates	Estimula discentes a saberem gerar listas padronizadas de itens no momento da extração de quantitativos para que então seja realizado o orçamento.

Fonte: O autor.

Quadro 30 – Competências de Suporte do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC por Competências de Suporte do BIM		
Código	Competência	Função
S02	Suporte de dados e rede	Estimula discentes a saberem gerenciar informações dos componentes dos modelos, bem como dos documentos gerados, tais como tabelas de quantitativos, de maneira a garantir a integridade de dados.

Fonte: O autor.

Quadro 31 – Competências P&D do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC por Competências P&D do BIM		
Código	Competência	Função
R01	Pesquisa e desenvolvimento geral	Estimula discentes a buscarem se atualizar constantemente no mercado, usufruindo amplamente de tecnologias BIM desenvolvidas por empresas fabricantes de software, focando em um processo de melhorias contínuas.
R04	Gestão de conhecimento e de engenharia	Estimula discentes a buscarem documentar e rastrear conhecimentos desenvolvidos ao longo de sua atuação profissional, focando em um processo de melhorias contínuas.

Continuação do Quadro 31 – Competências P&D do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC por Competências P&D do BIM		
Código	Competência	Função
R06	Pesquisa e análise	Estimula discentes a buscarem participar de pesquisas acadêmicas e eventos, como congressos, que os estimulem a conhecerem novos métodos, mais eficientes, para a realização de suas atividades.
R07	Engajamento industrial e compartilhamento de conhecimento	Semelhante a R06, no entanto, com o foco voltado à indústria, com a participação de discentes em workshops e seminários, por exemplo.

Fonte: O autor.

c) Propósitos do BIM

O Quadro 32 apresenta os propósitos do BIM orientados ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC.

Quadro 32 – Propósitos do BIM voltados ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC por propósitos do BIM		
Propósitos BIM		Função
01	02	Uso do BIM relacionado à extração de quantitativos e de custos de componentes utilizados nos projetos das diferentes disciplinas para a elaboração do orçamento do empreendimento.
04	04	Uso do BIM relacionado à especificação dos componentes que integram os projetos recebidos pelos projetistas das diferentes disciplinas, acrescentando informações em relação ao fabricante, custos, etc, com o intuito de extrair os custos dos componentes para a elaboração do orçamento do empreendimento.

Fonte: O autor.

d) Usos do Modelo

O Quadro 33 apresenta os usos do modelo orientados ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC. Este indica possíveis aplicações do BIM voltadas ao respectivo objeto de aprendizagem BIM.

Quadro 33 – Usos do Modelo voltados ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC pelos Usos do Modelo		
Cód.	Conj.	Função
01	02	Uso do BIM relacionado à extração de quantitativos e de custos de componentes utilizados nos projetos das diferentes disciplinas para a elaboração do orçamento do empreendimento.

Fonte: O autor.

4.2.2 Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC: Planejamento de Execução da Construção

4.2.2.1 Descrição do Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC

A Figura 32 mostra a interface gráfica da planilha eletrônica atribuída ao usuário que deseja conhecer e trabalhar com o Objeto de Aprendizagem BIM voltado à área de Gerenciamento da Construção (GC), mais precisamente ao Planejamento de Execução da Construção (PEC).

Figura 32 – Interface gráfica de escolha do Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC

Instruções:

- 1 - Selecione a "área de estudo" a qual deseja encontrar Objetos de Aprendizagem BIM, ou seja, aplicações práticas do BIM relacionadas à área;
- 2 - Selecione o "conteúdo de estudo" relacionado à área de estudo previamente selecionada;
- 3 - Observe o Objeto de Aprendizagem BIM correspondente e o plano de ação o qual faz referência às suas características;
- 4 - Para conhecer mais detalhes sobre o Objeto de Aprendizagem BIM indicado, clique na opção [\[Ver detalhes\]](#).

Selecione a área de estudo:
Planejamento_de_obras

Selecione o conteúdo de estudo:
Planejamento de execução da construção

Objeto de Aprendizagem BIM correspondente:
GC-PEC

Plano de Ação

Para o ensino de [planejamento de execução da construção], em [planejamento de obras], procura-se facilitar a aprendizagem de [discentes de GCC] ao buscar [diminuir a abstração do conteúdo] através de uma [simulação da construção]. Tal processo pode ser iniciado [após recebimento dos projetos das diversas disciplinas e do cronograma de atividades da obra], e tem como pré-requisito os [projetos estarem compatibilizados em BIM e o uso de um projeto de construção simplificado].

[Ver detalhes \[OA-LQC\]](#)
[Ver detalhes \[OA-PEC\]](#)
[Ver detalhes \[OA-CEC\]](#)
[Ver detalhes \[OA-ACCI\]](#)
[Ver detalhes \[OA-AVEE\]](#)

[Voltar às instruções gerais](#)

Fonte: O autor.

No Objeto de Aprendizagem GC-PEC, justifica-se o emprego de simulação da construção para diminuir a abstração do conteúdo, pois a obra como um todo envolve diversas atividades, as quais muitas vezes são bastante complexas e difíceis de serem visualizadas em um primeiro contato do aluno, caso o mesmo não tenha experiência em campo. O uso de projetos de construção simplificados é importante, pois o foco está voltado à aprendizagem dos discentes, facilitando assim o entendimento. Quanto à compatibilização dos projetos em BIM, faz-se necessária para que a simulação da construção possa ser realizada da maneira mais fiel o possível ao que é executado em obra. Dessa maneira, o projeto compatibilizado em BIM é apresentado aos alunos e, em seguida, relacionando o projeto ao cronograma de atividades da obra, pode-se realizar a construção virtual do empreendimento.

O passo a passo de utilização do Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC é apresentado a seguir:

a) Apresentação do projeto compatibilizado em BIM

O projeto compatibilizado em BIM apresentado aos alunos trata-se de um empreendimento fictício, composto por casas geminadas, de médio padrão, tal como se pode observar na Figura 33.

Figura 33 – Projeto compatibilizado em BIM para planejamento da construção

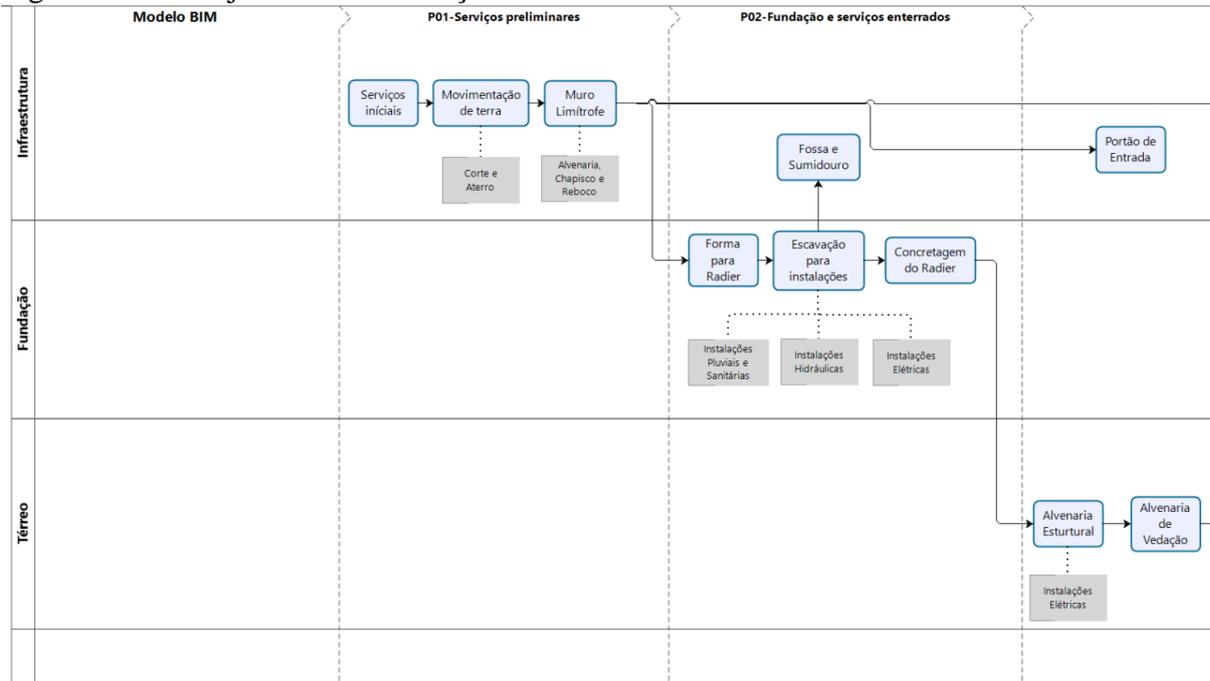


Fonte: O autor.

b) Visualização do planejamento macro da obra

É importante perceber que como muito dos discentes estão tendo contato pela primeira vez com o planejamento de uma obra, é importante que se apresente aos alunos o planejamento macro da mesma (Figuras 34, 35 e 36) com o intuito de visualizarem quais e em que momento cada atividade da obra deve ser executada.

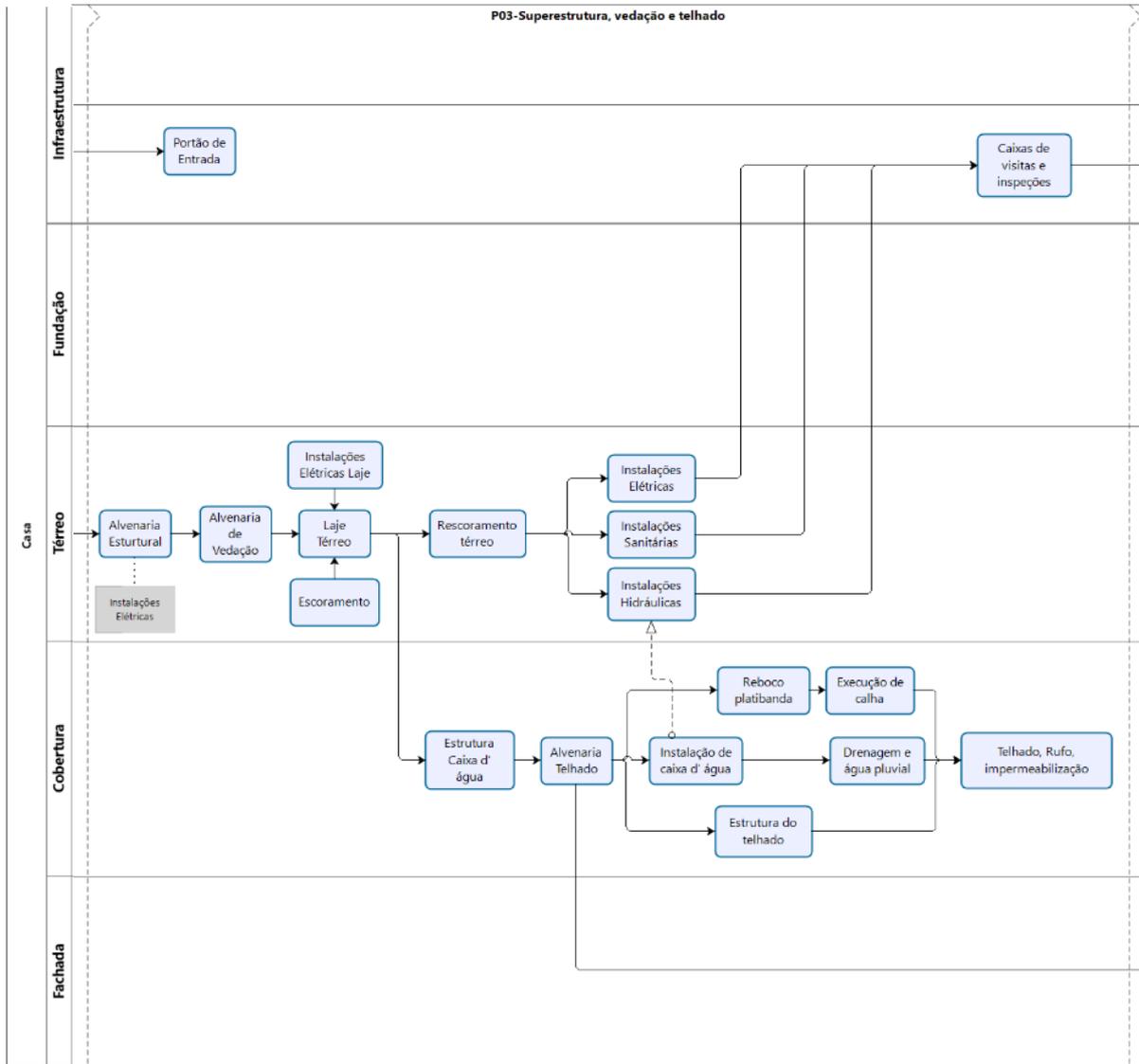
Figura 34 – Planejamento de execução da obra – Parte 1



Fonte: O autor.

O início do planejamento consiste na elaboração ou recebimento do modelo BIM, envolvendo todas as disciplinas compatibilizadas. A partir de então, inicia-se efetivamente a primeira etapa da obra (P01 – Serviços preliminares), composta por três atividades: serviços iniciais, movimentação de terra e execução do muro limítrofe. Em seguida, inicia-se a segunda etapa (P02 – Fundação e serviços enterrados), onde se prepara a colocação da fôrma para executar o radier, seguido da escavação para receber as instalações pluviais, sanitárias, hidráulicas e elétricas, acompanhado da execução da fossa e do sumidouro, e finalizada com a concretagem do radier.

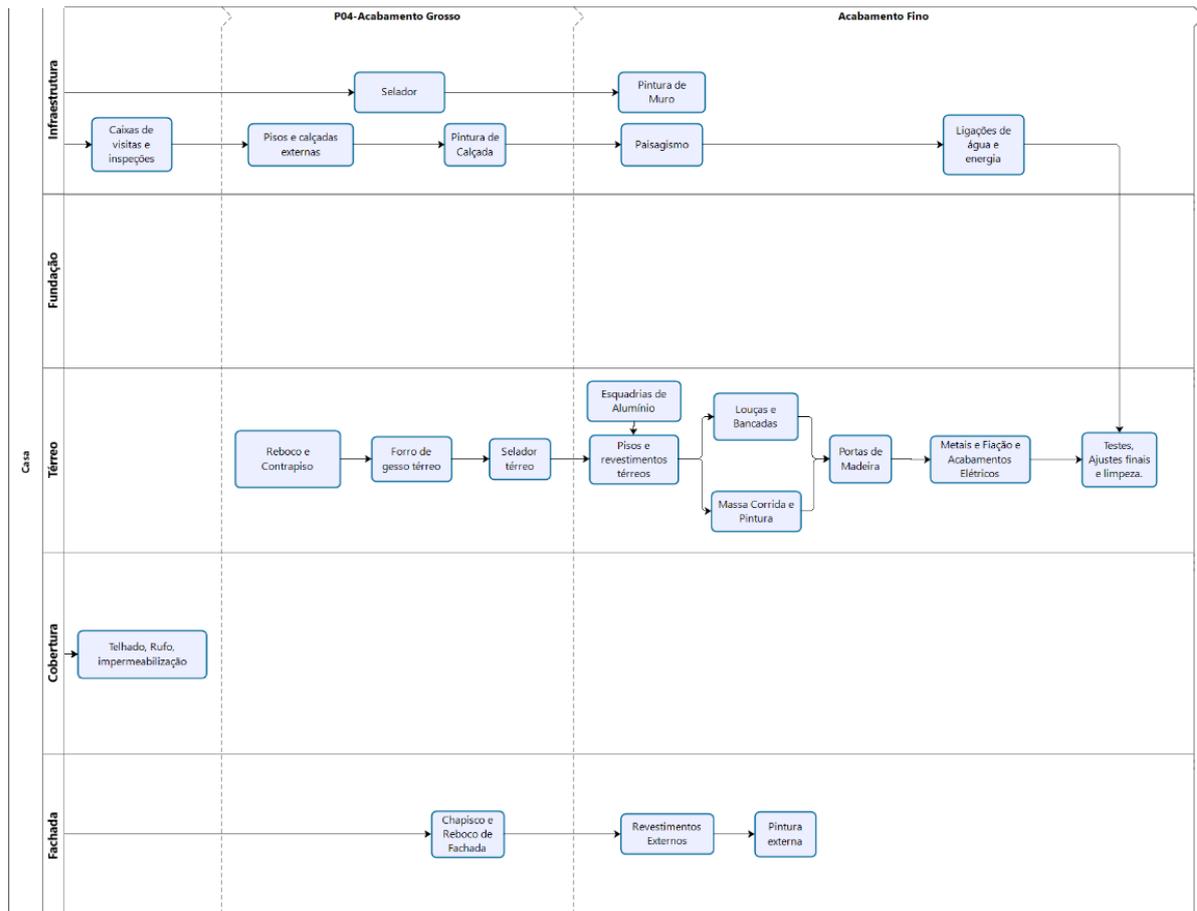
Figura 35 – Planejamento de execução da obra – Parte 2



Fonte: O autor.

Na terceira etapa da obra (P03 – Superestrutura, vedação e telhado), inicia-se a execução do térreo e da cobertura da casa. Na parte térrea, executa-se a alvenaria estrutural, a alvenaria de vedação e a laje térrea, atentando para serem realizados os escoramentos de maneira adequada, além da execução das instalações elétricas, sanitárias e hidráulicas, bem como das caixas de visita e de inspeção. Na parte da cobertura, após a execução da laje térrea, prepara-se a estrutura para receber a caixa d’água, e se executa a alvenaria para receber o telhado, atentando-se para a colocação de calhas e realização de impermeabilização.

Figura 36 – Planejamento de execução da obra – Parte 3



Fonte: O autor.

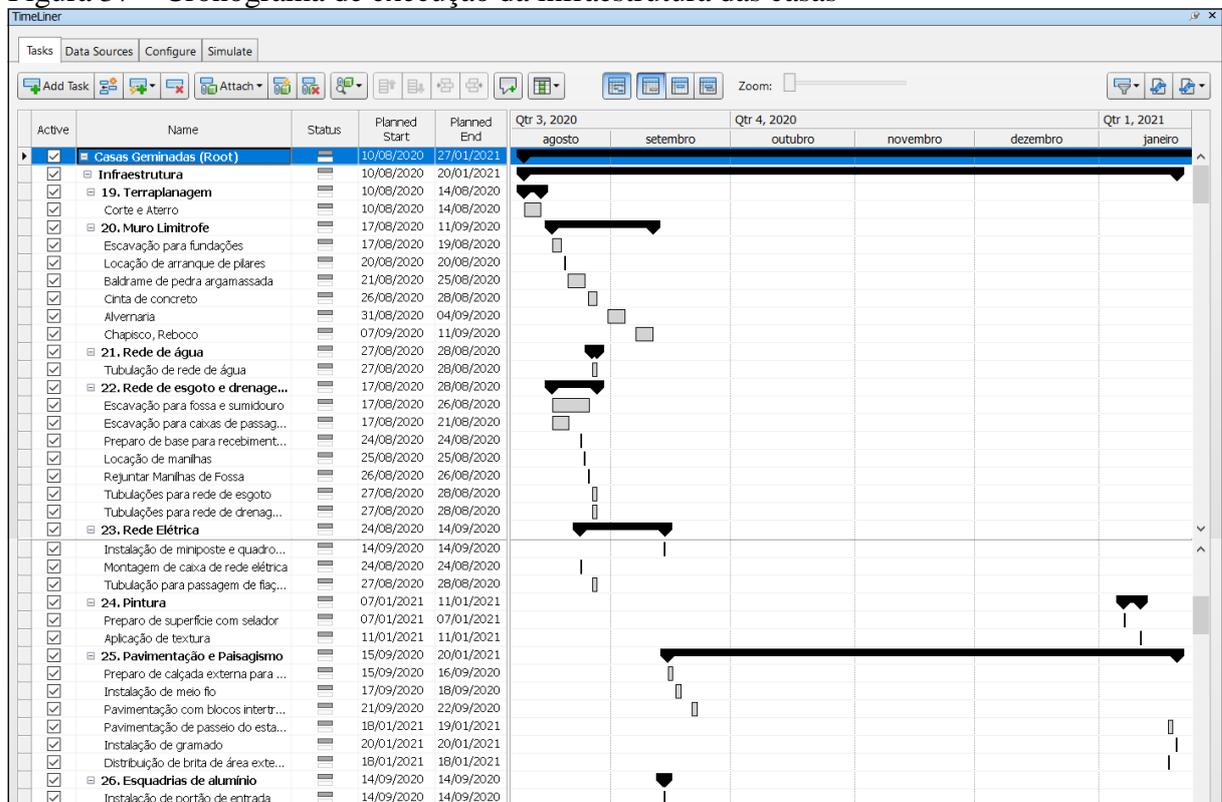
Na quarta etapa da obra (P04 – Acabamento grosso e acabamento fino), em relação à infraestrutura, tem-se a execução de pisos e calçadas externas, paisagismo e ligação de água e energia. Quanto à parte térrea da casa, tem-se a aplicação de reboco e contrapiso, forro de gesso e selador, como acabamento grosso, e execução de pisos e revestimentos, pintura, colocação de louças e esquadrias e acabamentos elétricos, como acabamento fino. Em referência à fachada da casa, após a execução da alvenaria para receber o telhado, pode-se realizar a execução de chapisco e reboco, revestimentos externos e pintura externa. Ao final de todo o processo, realiza-se testes de funcionamento, limpeza e ajustes finais.

Chama-se a atenção que o planejamento macro apresentado é voltado à execução de apenas uma única casa somente com o intuito de se entender qual a sequência correta para a realização dos serviços da obra, já que o empreendimento é composto por duas casas geminadas.

c) Visualização do cronograma da obra e do gráfico de Gantt

Apresenta-se o cronograma (Figura 37), composto pelas atividades da obra e pela duração prevista a cada uma delas. Inicialmente se observa na primeira linha do cronograma a duração de toda a obra, correspondendo, no caso, a 168 dias. A partir da segunda linha, contempla-se o preparo da infraestrutura para o recebimento da casa. Nota-se que a execução da infraestrutura dura quase que todo o período da obra, envolvendo as atividades de terraplanagem, execução do muro limítrofe, instalação das redes de água, esgoto, drenagem e elétrica, execução de pintura, pavimentação e paisagismo, e instalações de esquadrias.

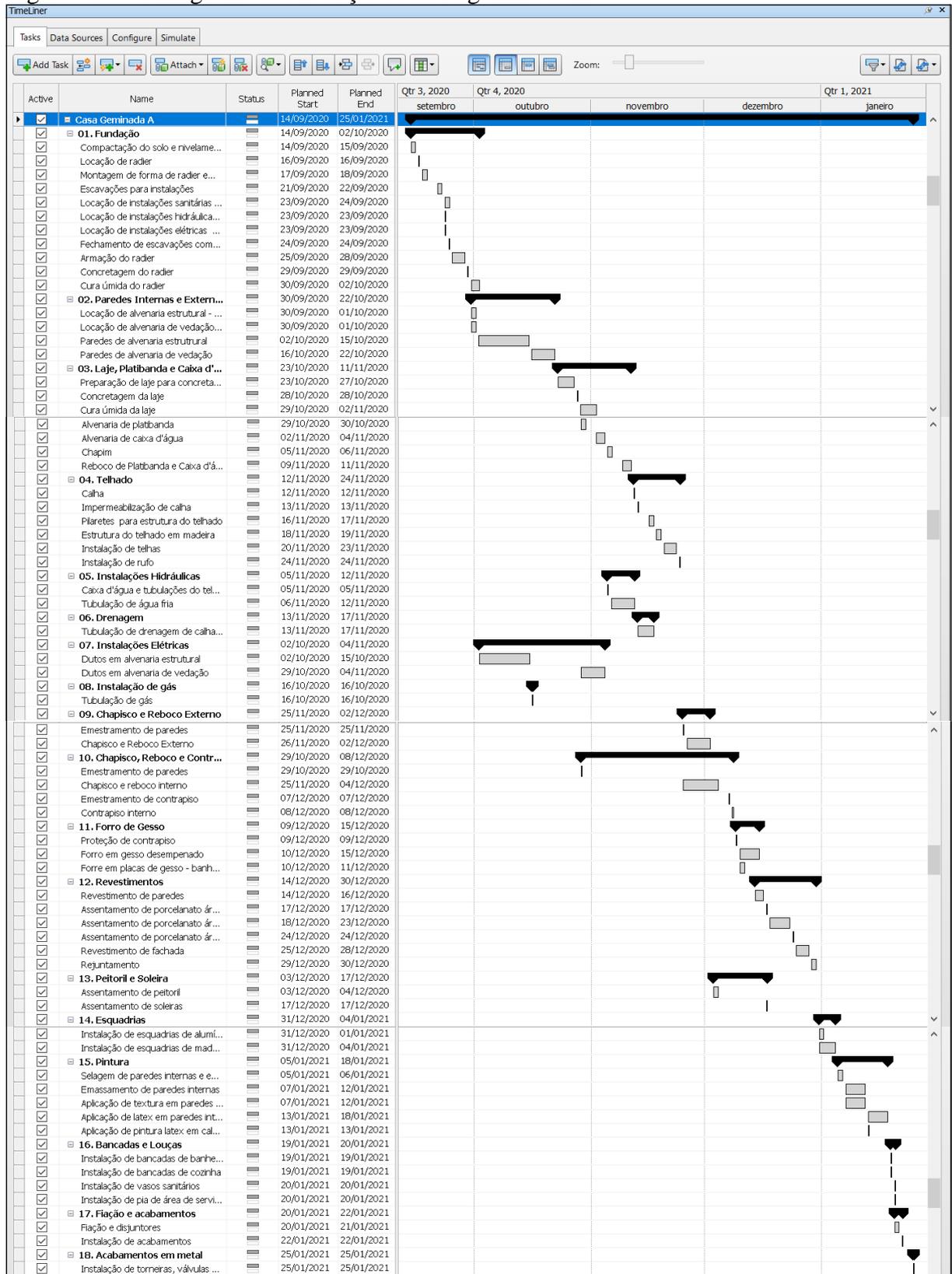
Figura 37 – Cronograma de execução da infraestrutura das casas



Fonte: O autor.

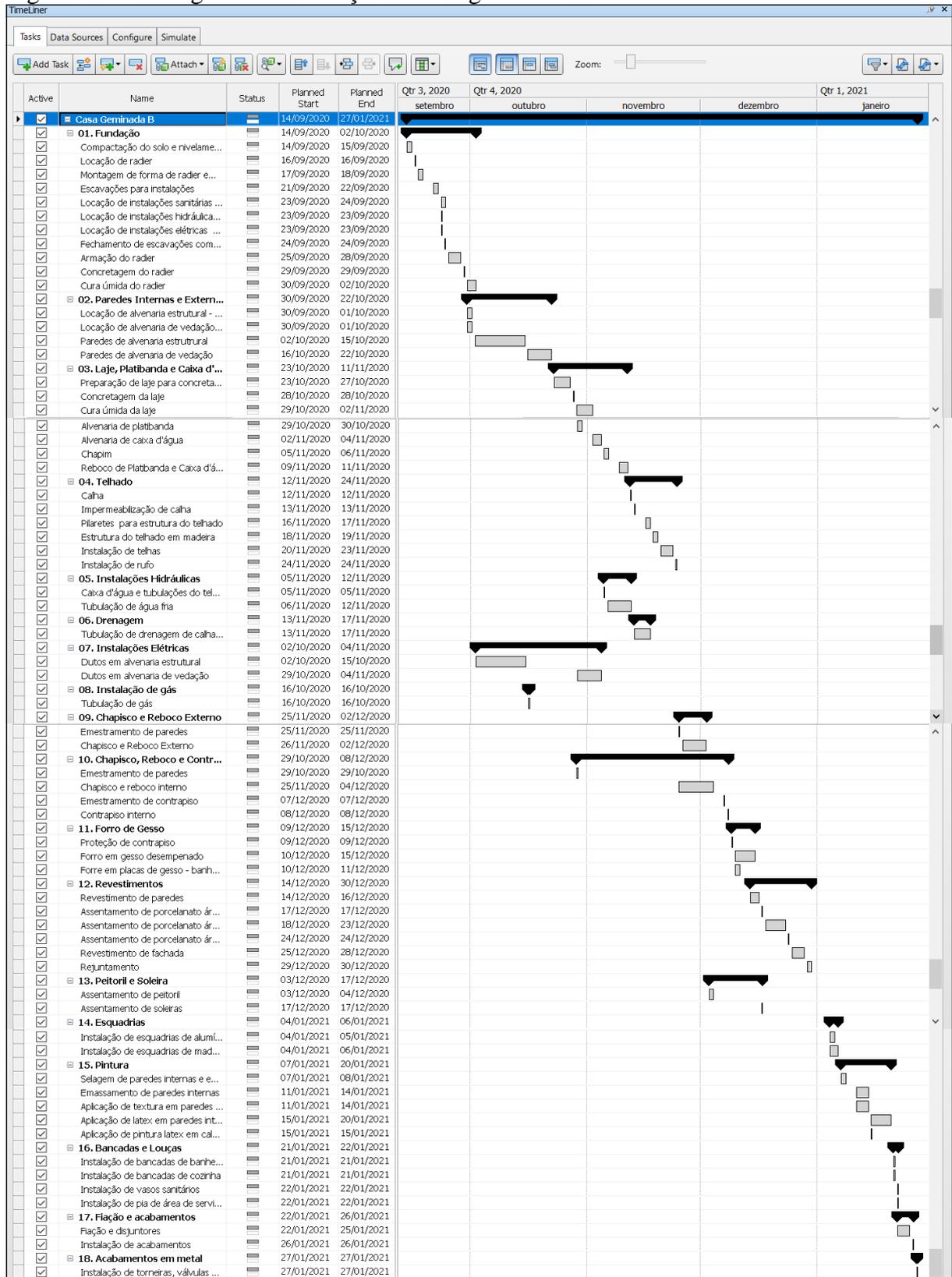
Quanto às Figuras 38 e 39, tem-se o cronograma de execução das casas geminadas. Percebe-se que são diversas as atividades ao longo desta execução, entre elas a execução/instalação da fundação, paredes internas e externas, laje, platibanda e telhado, instalações (elétrica, hidráulica, gás), drenagem, chapisco e reboco, revestimentos, pintura, forro de gesso, esquadrias e mobiliários. Nota-se também que a execução das casas geminadas se inicia após 34 dias do início da terraplanagem, durando aproximadamente 135 dias cada uma delas.

Figura 38 – Cronograma de execução da casa geminada A



Fonte: O autor.

Figura 39 – Cronograma de execução da casa geminada B

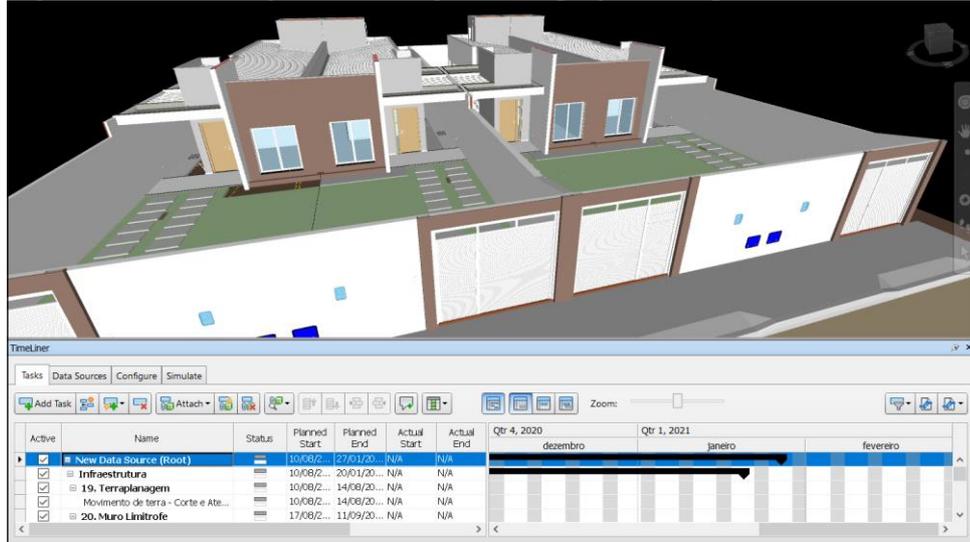


Fonte: O autor.

- d) Compreensão do vínculo criado entre as atividades da obra e os componentes do projeto compatibilizado através de uma ferramenta BIM

Após a visualização e entendimento do cronograma pelos alunos, pode-se então vincular as diversas atividades da obra aos componentes do projeto compatibilizado em BIM. A Figura 40 apresenta tal vinculação através do software Navisworks.

Figura 40 – Vinculação do cronograma ao projeto compatibilizado em BIM

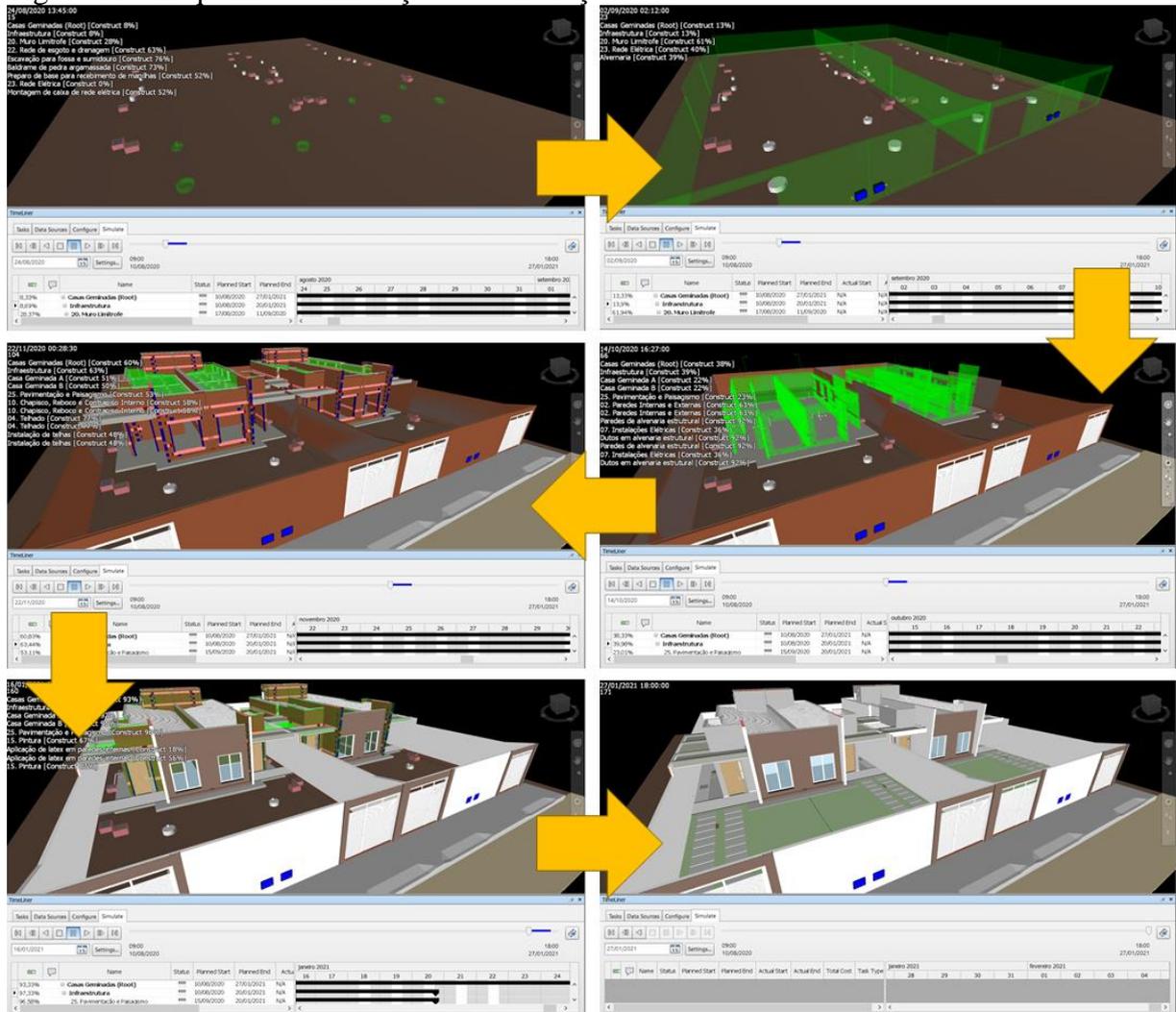


Fonte: O autor.

- e) Simulação da construção (ou construção virtual)

Finalizada a vinculação, apresenta-se aos discentes a simulação da construção (ou construção virtual), onde é possível visualizar a execução das atividades da obra ao longo da linha de tempo que envolve o planejamento de execução do empreendimento. A Figura 41 apresenta o esquema de simulação da construção de maneira simplificada.

Figura 41 – Esquema da simulação da construção



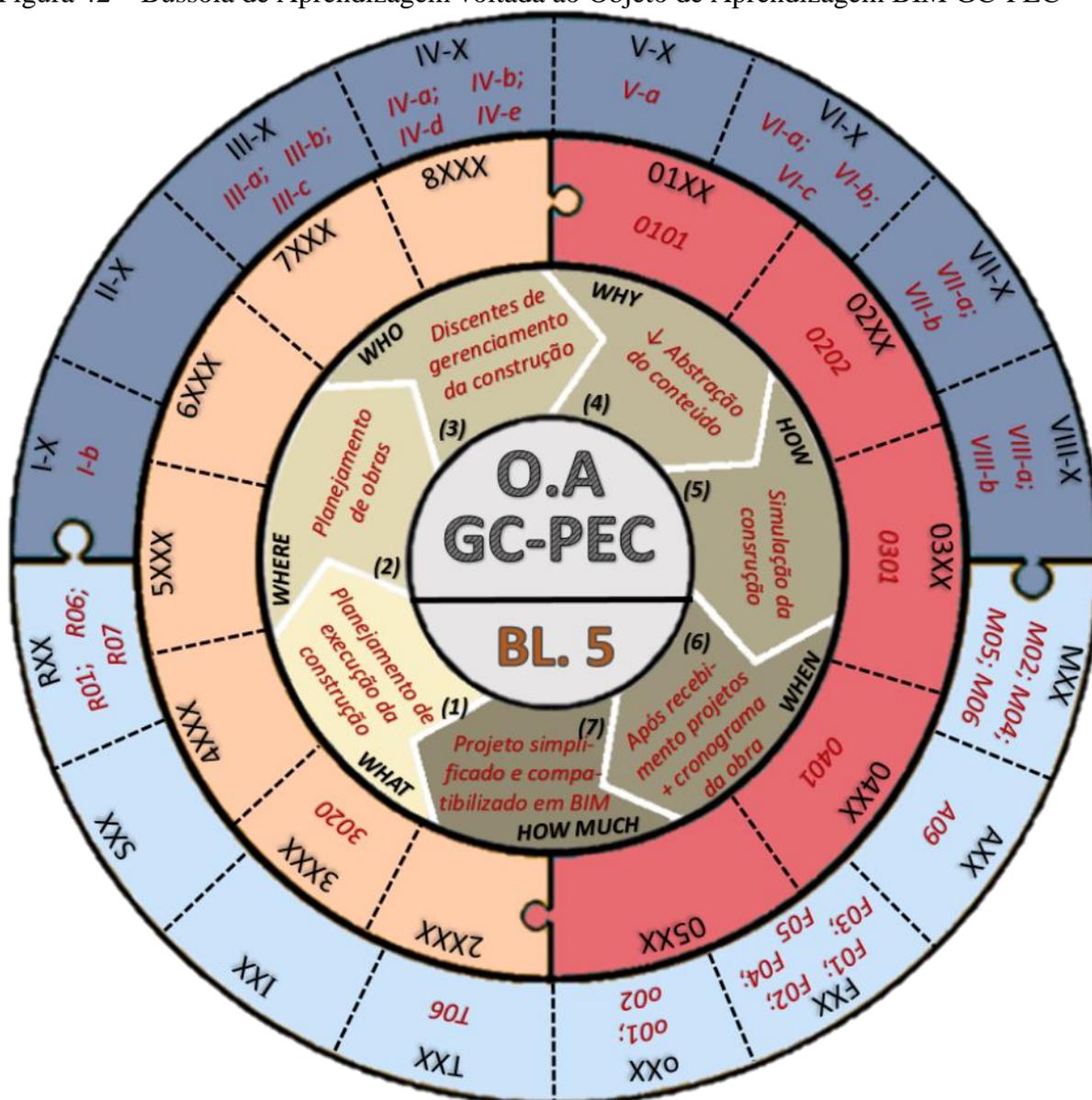
Fonte: O autor.

Os arquivos utilizados no desenvolvimento do referido Objeto de Aprendizagem BIM podem ser encontrados e baixados através dos links apresentados no Apêndice F.

4.2.2.2 Vinculação do Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC à bússola de aprendizagem

Assim como no caso do objeto de aprendizagem BIM anterior, ao observar a bússola de aprendizagem voltada ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC, nota-se a existência de diversos códigos selecionados dos quadros das competências, dos usos, dos propósitos e do nível cognitivo de Bloom (Figura 42). A seleção destes códigos também ocorreu por meio de uma análise de percepção, onde se identificou quais destes se relacionavam ao objeto de aprendizagem referido.

Figura 42 – Bússola de Aprendizagem voltada ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC



Fonte: O autor.

Como comentado anteriormente, devido os códigos apresentarem uma simbologia específica, a qual necessita que o usuário consulte os quadros das competências e dos usos para seu entendimento, optou-se por explicá-los de forma interativa também utilizando o recurso “comentários” do Excel, facilitando a leitura para o usuário. A Figura 43 apresenta os códigos listados na planilha eletrônica.

Figura 43 – Competências, usos e propósitos do Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC

LEITURA DINÂMICA DAS COMPETÊNCIAS E USOS			
Instruções: posicione o mouse aqui			
Comp./ Hab.	Comp. BIM	Propósi- tos BIM	Usos do modelo
I b (+)	02 (+)	01 01 (+)	3020 (+)
III a (+)	M 04 (+)	02 02 (+)	
III b (+)	05 (+)	03 01 (+)	
III c (+)	06 (+)	04 01 (+)	
IV a (+)	A 09 (+)		
IV b (+)	01 (+)		
IV d (+)	02 (+)		
IV e (+)	F 03 (+)		
V a (+)	04 (+)		
VI a (+)	05 (+)		
VI b (+)	o 02 (+)		
VI c (+)	03 (+)		
VI a (+)	T 06 (+)		
VI b (+)	01 (+)		
VII a (+)	R 06 (+)		
VIII b (+)	07 (+)		

Fonte: O autor.

O mesmo processo pode ser observado para o nível cognitivo da taxonomia de Bloom (Figura 44). De acordo com esta figura, nota-se que o nível cognitivo “Conhecimento” é atingido ao aluno incorporar conteúdos previamente aprendidos em disciplinas que são pré-requisitos a disciplinas de Gerenciamento da Construção, mas que possuem fundamental importância para sua aprendizagem, por exemplo, leitura e análise de projetos, análise de sistemas construtivos, execução de serviços de engenharia, etc. O nível cognitivo “Compreensão” também é atingido devido se perceber que a partir de conceitos previamente aprendidos os alunos são capazes de relacionar tais informações a novos conhecimentos, como o planejamento de execução das atividades da obra. O nível cognitivo “Aplicação” é atingido devido ao uso de aplicações práticas que permitem concretizar a aprendizagem dos conteúdos trabalhados, como aplicações BIM simulando a construção virtual do empreendimento, tornando mais fácil a visualização do planejamento e sequenciamento das atividades da obra. O nível cognitivo “Análise” também é atingido após os discentes analisarem a simulação da construção virtual, visualizando se as atividades estão corretamente relacionadas e se foram planejadas de forma adequada. Finalmente, o nível cognitivo “Síntese” é atingido após sintetizar toda a informação obtida, entre definição de prazos, custos, alocação de mão de obra

e de outros recursos, para ser colocada em prática de maneira mais eficiente o possível na obra, diminuindo atrasos e inconveniências provocadas por retrabalhos.

Figura 44 – Nível da Taxonomia de Bloom do Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC

<u>Nível da Taxon. Bloom</u>	5 Síntese
<u>Detalhes</u>	Traz referência à habilidade de relacionar a informação de diferentes fontes, para a produção de uma nova informação.
<u>Relacionamento do nível de Bloom à área de GCC</u>	O nível “síntese” é atingido após a estruturação de todo o conhecimento obtido, teórico e prático, através da concepção de um produto.

Fonte: O autor.

4.2.2.3 Análise das competências e dos usos relacionados ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC

Assim como fora comentado, as competências, os usos e os propósitos foram selecionados através dos respectivos quadros apresentados no capítulo de Revisão Bibliográfica. A seleção destes ocorreu por meio de uma análise de percepção, onde se identificou quais se relacionavam ao objeto de aprendizagem apresentado.

a) Competências e habilidades DCNs

O Quadro 34 apresenta as competências e habilidades das DCNs possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC.

Quadro 34 – Competências e habilidades das DCNs possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC por competências e habilidades das DCNs		
Comp.	Hab.	Função
I	b	Ensina discentes a realizarem o planejamento da obra visando atender às necessidades do cliente, analisando as especificidades de cada empreendimento, bem como escolhendo técnicas apropriadas para cada situação.

Continuação Quadro 34 – Competências e habilidades das DCNs possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC por competências e habilidades das DCNs		
Comp.	Hab.	Função
III	a	Ensina discentes a realizarem o planejamento da obra utilizando recursos da Tecnologia da Informação, de forma a proporcionar maior facilidade no manuseio dos cronogramas, realizando ajustes quando necessários para garantir a saúde da obra.
	b	Ensina discentes a definirem parâmetros, através de templates, que facilitem a realização do planejamento da obra de maneira padronizada, garantindo maior segurança ao processo, bem como facilitando o entendimento do planejamento.
	c	Ensina discentes a planejarem e coordenarem a execução das atividades de uma obra.
IV	a	Estimula discentes a realizarem o planejamento adequado da obra, analisando os prazos definidos, coordenando os projetos, supervisionando as equipes da obra, a fim de cumprir o cronograma e o orçamento definidos ao início da obra.
	b	Estimula discentes a assumirem postura de liderança ao coordenar as equipes da obra, atentando à qualidade de execução dos serviços, bem como ao cumprimento dos prazos definidos. Além de gerir os materiais a serem utilizados tanto em relação ao seu armazenamento, transporte e uso, cumprindo com o orçamento estabelecido inicialmente.
	d	Estimula discentes a assumirem postura empreendedora no momento de propor soluções de engenharia. Aproximando tal conceito à área de planejamento de obras, os alunos podem buscar gerar soluções otimizadas, por meio de recursos da Tecnologia da Informação para realizar o planejamento de maneira eficiente e segura.
	e	Indicar aos alunos os benefícios que os recursos provenientes da Tecnologia da Informação oferecem ao planejamento de obras, sob a ótica econômica (ao tornar o processo mais econômico em termos de tempo e recursos utilizados), legal (ao tornar mais fácil o cumprimento dos prazos prometidos nos contratos), social (ao atender mais facilmente as necessidades de seus clientes), e ambiental (ao diminuir o dispêndio de recursos físicos, como papel e outros insumos necessários ao processo).
V	a	Treina discentes para que se expressem de maneira adequada, de forma oral ou escrita, através de termos técnicos inerentes à sua área de atuação.
VI	a	Incentiva discentes a trabalharem em grupos, presencialmente ou de forma remota, de maneira integrada e colaborativa.
	b	Estimula a integração de discentes com outros de diferentes cursos ou universidades, de forma a trocar experiências sobre planejamento de obras, em seus mais diversos tipos.
	c	Incentiva discentes a assumirem postura de liderança para a realização do planejamento da obra, indicando a importância de se definir um plano inicial, organizando as atividades e gerenciando os recursos (físicos e de pessoal) necessários, para garantir eficiência ao processo e atendimento aos prazos e outras necessidades estabelecidas pelos clientes.

Continuação Quadro 34 – Competências e habilidades das DCNs possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC por competências e habilidades das DCNs		
Comp.	Hab.	Função
VII	a	Ensina discentes sobre a importância de realizarem o planejamento adequado da obra, adotando estratégias que visem impactar de forma menor possível o meio ambiente e a sociedade, por exemplo, evitando desperdício de materiais; evitando transtornos em relação às vizinhanças da obra, quer seja em relação às habitações próximas ou aos transeuntes.
	b	Indica aos discentes a necessidade de compreenderem toda a legislação que envolve a realização de uma obra, atuando de maneira ética sob as esferas social e ambiental.
VIII	a	Apresenta aos discentes meios que facilitam a aprendizagem, como a utilização de recursos da Tecnologia da Informação para o planejamento de obras, com o intuito de facilitar a compreensão do processo diante de sua complexidade, alocando e gerenciando recursos, e definindo prazos de maneira eficiente e segura.
	b	Incentiva discentes a conhecerem/dissemინarem experiências de planejamento de obras, relatando casos de sucesso ou vivências insatisfatórias, buscando por conhecimento através de diferentes fontes, quer seja por meio de pesquisas, congressos, aproximações com profissionais da área de atuação, especialistas, etc.

Fonte: O autor.

b) Competências BIM

Os Quadros 35 ao 40 apresentam as competências BIM orientadas ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC. Tais competências indicam as qualificações possíveis de serem desenvolvidas pelos discentes ao trabalharem com o referido objeto de aprendizagem BIM. Tais competências indicam as qualificações que os discentes devem obter para estarem aptos a atuar como engenheiro de planejamento, ao realizar atividades de definição de prazos e alocação de mão de obra e de insumos ao longo da execução da obra.

Quadro 35 – Competências Gerenciais do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC por Competências Gerenciais do BIM		
Código	Competência	Função
M02	Liderança	Incentiva discentes a liderarem a equipe de colaboradores envolvidos com o planejamento da obra mantendo o fluxo de trabalho BIM contínuo e íntegro.
M04	Gestão organizacional	Incentiva discentes à busca pela melhoria contínua de utilização do fluxo de trabalho BIM.

Fonte: O autor.

Continuação Quadro 35 – Competências Gerenciais do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC por Competências Gerenciais do BIM		
Código	Competência	Função
M05	Desenvolvimento de negócios e gestão de clientes	Incentiva discentes, atuando como engenheiros, a buscarem maximizar o resultado alcançado pela empresa e por seus clientes. Por exemplo, através da otimização do fluxo de trabalho BIM para o planejamento das atividades da obra, buscar-se-á por resultados cada vez melhores em relação ao tempo empreendido para a realização do planejamento da obra, bem como por maior segurança e transparência das informações obtidas. Como consequência, o resultado da empresa e de seus clientes será maximizado, beneficiando ambos os envolvidos.
M06	Aliança e Parceria	Incentiva discentes a buscarem realizar parcerias com <i>stakeholders</i> do empreendimento de forma a garantir um fluxo de trabalho BIM otimizado. Por exemplo, o aluno, atuando como engenheiro, pode disponibilizar instruções aos projetistas das diversas disciplinas para que façam a elaboração do modelo conforme as suas necessidades, de maneira compatibilizada em BIM, facilitando assim o processo de planejamento da obra.

Quadro 36 – Competências Administrativas do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC por Competências Administrativas do BIM		
Código	Competência	Função
A09	Gestão da qualidade	Incentiva discentes a gerirem a qualidade das informações obtidas ao longo da atividade de planejamento da obra, tais como elaboração do cronograma com os prazos para realização de cada atividade, alocação das equipes na obra, gestão de materiais, com o objetivo de manter informações íntegras (sem apresentar erros).

Fonte: O autor.

Quadro 37 – Competências Funcionais do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC por Competências Funcionais do BIM		
Código	Competência	Função
F01	Funcionamento básico	Incentiva discentes a planejarem os resultados esperados oriundos de sua atuação ao utilizar o fluxo de trabalho BIM.
F02	Colaboração	Incentiva discentes a trabalharem com projetos compatibilizados em BIM, com a finalidade de garantir a integridade do fluxo de trabalho BIM, sem ocasionar perdas de informação, e do trabalho colaborativo.
F03	Facilitação	Incentiva discentes a buscarem integrar os <i>stakeholders</i> de concepção e de execução do empreendimento, com o intuito de que desenvolvam os projetos em BIM, de maneira compatibilizada, conferindo maior celeridade e segurança em relação à troca de informações entre os profissionais envolvidos.

Continuação Quadro 37 – Competências Funcionais do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC por Competências Funcionais do BIM		
Código	Competência	Função
F04	Gerenciamento de projetos	Incentiva discentes a gerenciarem os projetos recebidos das diferentes disciplinas dos stakeholders para garantir integridade do fluxo de trabalho BIM para seus clientes e envolvidos com as próximas atividades do processo de construção do empreendimento.
F05	Gerenciamento de equipes e do fluxo de trabalho	Incentiva discentes a gerenciarem não apenas os projetos recebidos das diferentes disciplinas dos stakeholders, mas também a comunicação entre toda a equipe envolvida, com o intuito de garantir integridade e segurança em relação ao fluxo de trabalho BIM.

Fonte: O autor.

Quadro 38 – Competências Operacionais do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC por Competências Operacionais do BIM		
Código	Competência	Função
o02	Captura e representação	Incentiva discentes a saberem demonstrar, através dos projetos recebidos por stakeholders e do planejamento das atividades, os espaços e os ambientes físicos os quais as atividades devem ser executadas na obra, proporcionando maior facilidade de compreensão do projeto às equipes de execução.
o03	Planejamento e projeção	Incentiva discentes a utilizarem ferramentas BIM de maneira eficiente para realizar o planejamento da obra, definindo os prazos de execução de cada atividade, gerindo as equipes e os recursos.

Fonte: O autor.

Quadro 39 – Competências Técnicas do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC por Competências Técnicas do BIM		
Código	Competência	Função
T06	Apresentação e animação	Competência fundamental ao engenheiro de planejamento para que esteja apto a gerar renders e animações que permitam visualizar o planejamento da obra ao longo da linha do tempo, em forma de construção virtual, facilitando a compreensão do processo de execução da obra.

Fonte: O autor.

Quadro 40 – Competências P&D do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC por Competências P&D do BIM		
Código	Competência	Função
R01	Pesquisa e desenvolvimento geral	Incentiva discentes a se atualizarem constantemente no mercado, usufruindo amplamente das tecnologias BIM desenvolvidas pelas empresas fabricantes de software, focando em um processo de melhorias contínuas.

Continuação do Quadro 40 – Competências P&D do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC por Competências P&D do BIM		
Código	Competência	Função
R06	Pesquisa e análise	Incentiva discentes a participarem de pesquisas acadêmicas e eventos, como congressos, que o estimulem a conhecer novos métodos, que sejam mais eficientes, para a realização de suas atividades.
R07	Engajamento industrial e compartilhamento de conhecimento	Semelhante a R06, no entanto, com o foco voltado à indústria, com a participação de discentes em workshops e seminários, por exemplo.

Fonte: O autor.

c) Propósitos do BIM

O Quadro 41 apresenta os propósitos do BIM orientados ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC.

Quadro 41 – Propósitos do BIM utilizados pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC por propósitos do BIM		
Propósitos BIM		Função
01	01	Uso do BIM relacionado a utilização de recursos tridimensionais os quais se pode observar com maior facilidade a execução sequenciada das atividades da obra de acordo com o seu cronograma.
02	02	Uso do BIM relacionado ao planejamento de execução da obra, organizando o sequenciamento das atividades, as equipes, os prazos, etc.
03	01	Uso do BIM relacionado ao planejamento de execução da obra, coordenando a realização das atividades, a gestão da mão de obra e dos insumos, etc.
04	01	Uso do BIM relacionado à simulação da construção, permitindo a visualização de maneira mais próxima à realidade quanto à execução das atividades da obra nos prazos definidos inicialmente.

Fonte: O autor.

d) Usos do Modelo

O Quadro 42 apresenta os usos do modelo orientados ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC. Este indica possíveis aplicações do BIM voltadas ao respectivo objeto de aprendizagem BIM.

Quadro 42 – Usos do Modelo utilizados pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC pelos Usos do Modelo	
Cód.	Função
3020	Uso do BIM relacionado ao planejamento de execução das atividades da obra, definindo prazos, alocação da mão de obra e de insumos, etc.

Fonte: O autor.

4.2.3 Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC: Controle de Execução da Construção

4.2.3.1 Descrição do Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC

A Figura 45 mostra a interface gráfica da planilha eletrônica atribuída ao usuário que deseja conhecer e trabalhar com o Objeto de Aprendizagem BIM voltado à área de Gerenciamento da Construção (GC), mais precisamente ao Controle de Execução da Construção (CEC).

Figura 45 – Interface gráfica de escolha do Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC

Instruções:

- 1 - Selecione a "área de estudo" a qual deseja encontrar Objetos de Aprendizagem BIM, ou seja, aplicações práticas do BIM relacionadas à área;
- 2 - Selecione o "conteúdo de estudo" relacionado à área de estudo previamente selecionada;
- 3 - Observe o Objeto de Aprendizagem BIM correspondente e o plano de ação o qual faz referência às suas características;
- 4 - Para conhecer mais detalhes sobre o Objeto de Aprendizagem BIM indicado, clique na opção [\[Ver detalhes\]](#).

Selecione a área de estudo:
Controle_de_obras

Selecione o conteúdo de estudo:
Controle de execução da construção

Objeto de Aprendizagem BIM correspondente:
GC-CEC

Plano de Ação

Para o ensino de [controle de execução da construção], em [controle de obras], procura-se facilitar a aprendizagem dos [discentes de GCC] ao buscar [diminuir a abstração do conteúdo] através de uma [simulação da construção]. Tal processo pode ser iniciado [após recebimento dos projetos das diversas disciplinas e do cronograma de atividades da obra], e tem como pré-requisito os [projetos estarem compatibilizados em BIM e o uso de um projeto de construção simplificado].

[Ver detalhes \[OA-LQC\]](#)
[Ver detalhes \[OA-PEC\]](#)
[Ver detalhes \[OA-CEC\]](#)
[Ver detalhes \[OA-ACCJ\]](#)
[Ver detalhes \[OA-AVEE\]](#)

[Voltar às instruções gerais](#)

Fonte: O autor.

No Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC, justifica-se o emprego de simulação da construção para diminuir a abstração do conteúdo, pois a obra como um todo envolve diversas atividades, as quais normalmente por serem demasiadas complexas, são difíceis de serem fiscalizadas (ou controladas). Somado a isso, tem-se o fato de que muitos discentes não possuem experiências prévias em obras, tornando-se ainda mais difícil a compreensão do processo. Recomenda-se então aos docentes o uso de projetos de construção simplificados, pois entende-se que seu uso contribui para o aprendizado mais fácil e eficaz dos alunos.

Quanto à compatibilização dos projetos em BIM, faz-se necessária para que a simulação da construção possa ser realizada da maneira mais fiel o possível ao que é realizado na obra. Dessa maneira, após o projeto compatibilizado em BIM ser apresentado aos discentes

e estar vinculado ao cronograma de atividades da obra, pode-se então acrescentar informações sobre as atividades que estão sendo executadas na obra ao longo do tempo, realizando uma comparação por meio de simulação entre o planejado *versus* executado.

O passo a passo de utilização do Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC é apresentado a seguir:

a) Apresentação do projeto compatibilizado em BIM

A Figura 46 apresenta o projeto simplificado e compatibilizado em BIM aos discentes. O projeto é o mesmo que foi utilizado para o Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC.

Figura 46 – Projeto compatibilizado em BIM para controle de obras

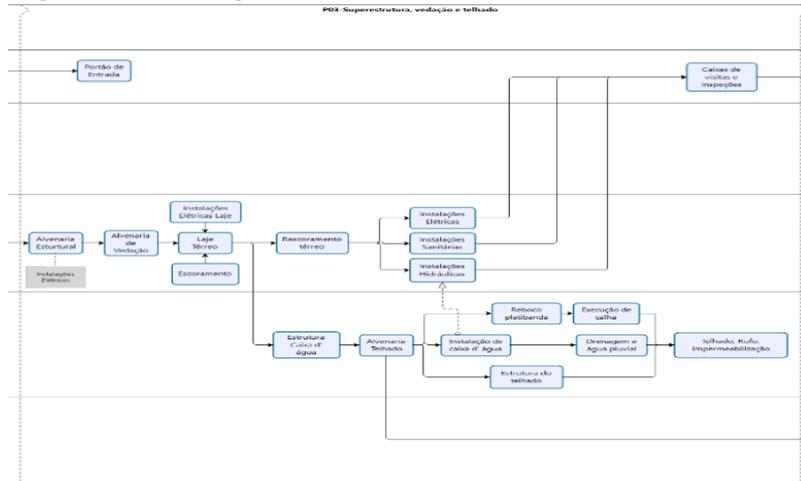


Fonte: O autor.

b) Visualização do planejamento macro da obra: compreensão das atividades da obra e do momento em que cada uma delas deve ser executada

A Figura 47 apresenta o planejamento macro da obra, com o intuito de que os discentes possam compreender mais facilmente as atividades da obra, bem como o momento em que cada uma delas deve ser executada. O planejamento macro da obra é o mesmo do apresentado para o Objeto de Aprendizagem BIM GC-PEC, já que se trata do mesmo projeto.

Figura 47 – Planejamento macro da obra



Fonte: O autor.

c) Análise das datas planejadas e executadas

A Figura 48 mostra que cada atividade da obra possui as datas planejadas de início (Planned Start) e de término (Planned End) das atividades, bem como as referentes ao início (Actual Start) e ao término (Actual End) de sua execução. Diante do registro de tais datas, pode-se realizar a simulação de execução da obra, verificando se existem adiantamentos ou atrasos, possibilitando readequar as datas planejadas com o intuito de buscar cumprir os prazos definidos diante do planejamento da execução do empreendimento.

Figura 48 – Atividades planejadas e executadas da Casa Geminada A

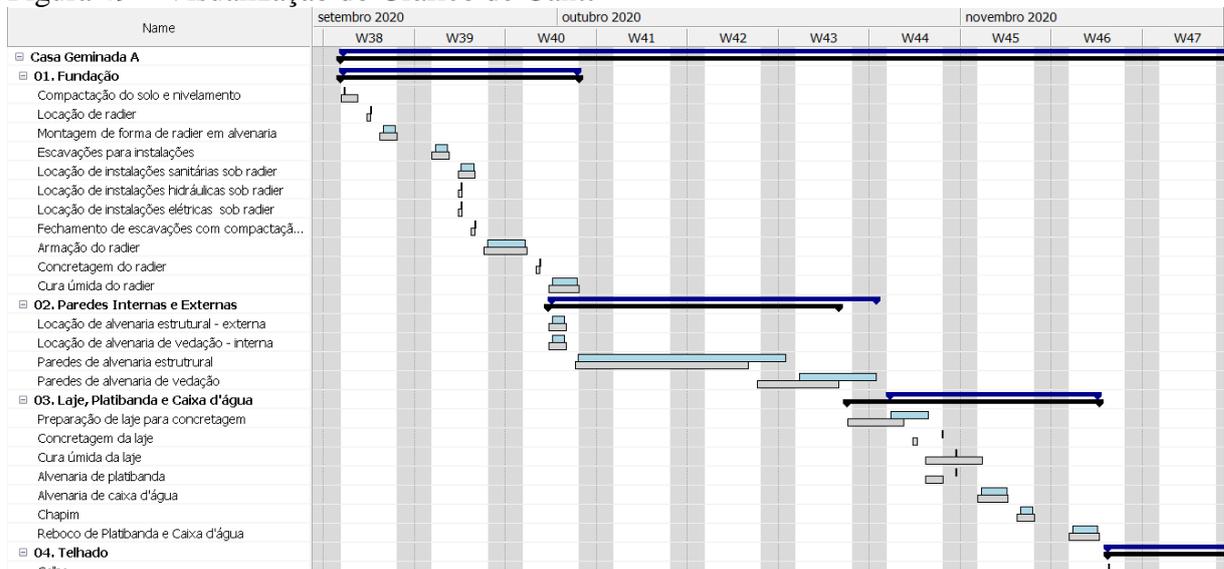
Active	Name	Status	Planned Start	Planned End	Actual Start	Actual End
<input checked="" type="checkbox"/>	Casa Geminada A		14/09/2020	25/01/2021	14/09/2020	25/01/2021
<input checked="" type="checkbox"/>	01. Fundação		14/09/2020	02/10/2020	14/09/2020	02/10/2020
<input checked="" type="checkbox"/>	Compactação do solo e nivelamento		14/09/2020	15/09/2020	14/09/2020	14/09/2020
<input checked="" type="checkbox"/>	Locação de radier		16/09/2020	16/09/2020	16/09/2020	16/09/2020
<input checked="" type="checkbox"/>	Montagem de forma de radier em alvenaria		17/09/2020	18/09/2020	17/09/2020	18/09/2020
<input checked="" type="checkbox"/>	Escavações para instalações		21/09/2020	22/09/2020	21/09/2020	22/09/2020
<input checked="" type="checkbox"/>	Locação de instalações sanitárias sob radier		23/09/2020	24/09/2020	23/09/2020	24/09/2020
<input checked="" type="checkbox"/>	Locação de instalações hidráulicas sob radier		23/09/2020	23/09/2020	23/09/2020	23/09/2020
<input checked="" type="checkbox"/>	Locação de instalações elétricas sob radier		23/09/2020	23/09/2020	23/09/2020	23/09/2020
<input checked="" type="checkbox"/>	Fechamento de escavações com compactaçã...		24/09/2020	24/09/2020	24/09/2020	24/09/2020
<input checked="" type="checkbox"/>	Armação do radier		25/09/2020	28/09/2020	25/09/2020	28/09/2020
<input checked="" type="checkbox"/>	Concretagem do radier		29/09/2020	29/09/2020	29/09/2020	29/09/2020
<input checked="" type="checkbox"/>	Cura úmida do radier		30/09/2020	02/10/2020	30/09/2020	02/10/2020
<input checked="" type="checkbox"/>	02. Paredes Internas e Externas		30/09/2020	22/10/2020	30/09/2020	25/10/2020
<input checked="" type="checkbox"/>	Locação de alvenaria estrutural - externa		30/09/2020	01/10/2020	30/09/2020	01/10/2020
<input checked="" type="checkbox"/>	Locação de alvenaria de vedação - interna		30/09/2020	01/10/2020	30/09/2020	01/10/2020
<input checked="" type="checkbox"/>	Paredes de alvenaria estrutural		02/10/2020	15/10/2020	02/10/2020	18/10/2020
<input checked="" type="checkbox"/>	Paredes de alvenaria de vedação		16/10/2020	22/10/2020	19/10/2020	25/10/2020
<input checked="" type="checkbox"/>	03. Laje, Platibanda e Caixa d'água		23/10/2020	11/11/2020	26/10/2020	11/11/2020
<input checked="" type="checkbox"/>	Preparação de laje para concretagem		23/10/2020	27/10/2020	26/10/2020	29/10/2020
<input checked="" type="checkbox"/>	Concretagem da laje		28/10/2020	28/10/2020	30/10/2020	30/10/2020
<input checked="" type="checkbox"/>	Cura úmida da laje		29/10/2020	02/11/2020	31/10/2020	31/10/2020
<input checked="" type="checkbox"/>	Alvenaria de platibanda		29/10/2020	30/10/2020	31/10/2020	31/10/2020
<input checked="" type="checkbox"/>	Alvenaria de caixa d'água		02/11/2020	04/11/2020	02/11/2020	04/11/2020
<input checked="" type="checkbox"/>	Chapim		05/11/2020	06/11/2020	05/11/2020	06/11/2020
<input checked="" type="checkbox"/>	Reboco de Platibanda e Caixa d'água		09/11/2020	11/11/2020	09/11/2020	11/11/2020
<input checked="" type="checkbox"/>	04. Telhado		12/11/2020	24/11/2020	12/11/2020	25/11/2020
<input checked="" type="checkbox"/>	Caixa		12/11/2020	12/11/2020	12/11/2020	12/11/2020

Fonte: O autor.

d) Visualização do gráfico de Gantt

Na Figura 49, tem-se o gráfico de Gantt relacionado às atividades apresentadas na Figura 48. Nota-se que o controle de execução das atividades pode ser mais facilmente exercido através da visualização das “barras” do gráfico, conferindo maior facilidade em identificar quais as atividades que estão atrasadas em relação ao que foi previamente planejado. Ainda nesta figura, as barras de coloração cinza representam a extensão das atividades planejadas, enquanto as barras de coloração azul clara representam a extensão das atividades já executadas.

Figura 49 – Visualização do Gráfico de Gantt



Fonte: O autor.

e) Comparação entre “planejado” e “executado”

A Figura 50 apresenta como exemplo a comparação entre o planejado versus executado referente à execução de revestimentos da Casa Geminada A.

Figura 50 – Comparação entre planejado x executado para atividade “Revestimentos” da Casa Geminada A

Name	Status	Planned Start	Planned End	Actual Start	Actual End
12. Revestimentos		14/12/2020	30/12/2020	14/12/2020	30/12/2020
Revestimento de paredes		14/12/2020	16/12/2020	14/12/2020	16/12/2020
Assentamento de porcelanato áreas molhadas		17/12/2020	17/12/2020	17/12/2020	17/12/2020
Assentamento de porcelanato áreas secas		18/12/2020	23/12/2020	18/12/2020	23/12/2020
Assentamento de porcelanato áreas externas		24/12/2020	24/12/2020	26/12/2020	26/12/2020
Revestimento de fachada		25/12/2020	28/12/2020	27/12/2020	29/12/2020
Rejuntamento		29/12/2020	30/12/2020	30/12/2020	30/12/2020

Fonte: O autor.

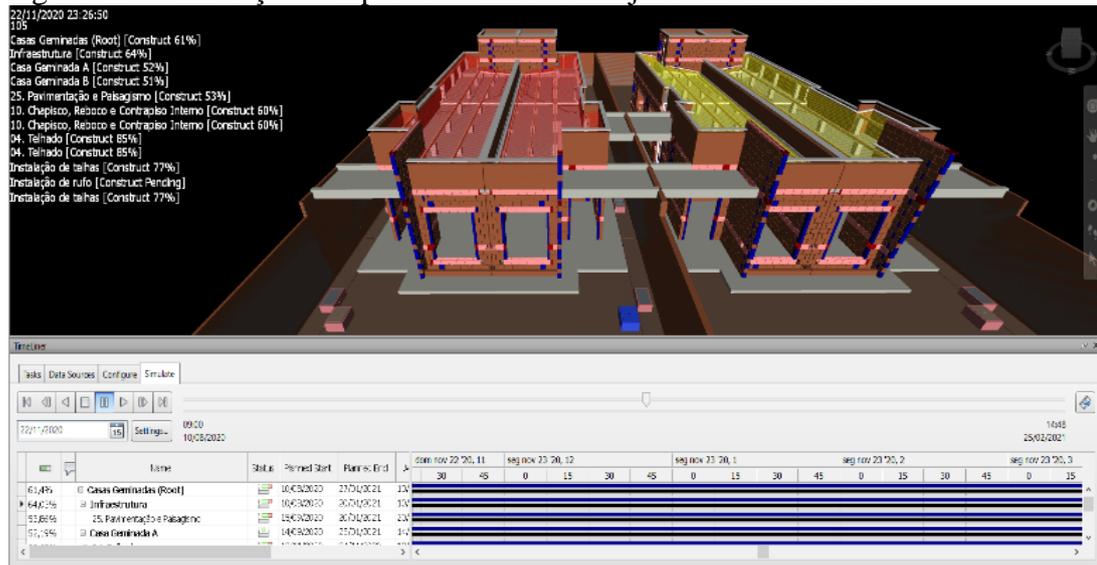
Nota-se que a realização do “revestimento das paredes” e do “assentamento de porcelanato das áreas molhadas” e “secas” cumpriram com o prazo proposto no planejamento da obra. No entanto, percebe-se que o “assentamento de porcelanato das áreas externas” apresenta um atraso de 2 dias em relação ao planejado, o que pode ter ocorrido por diversos motivos, como falta de insumos, problemas com a mão de obra responsável pela realização da atividade, intempéries, etc. Por esse motivo, a atividade de “revestimento da fachada” se inicia com um atraso de 2 dias em relação ao planejado, no entanto, com o intuito de buscar diminuir a extensão deste atraso, pode-se aumentar a velocidade de conclusão da atividade, por exemplo, aumentando a equipe de execução, o que diminui o atraso para 1 dia após sua conclusão. Por consequência, a atividade “rejuntamento” se inicia com 1 dia de atraso em relação ao planejado, entretanto, com a finalidade de regularizar os prazos para o início da próxima atividade, a atividade “rejuntamento” também pode ser realizada de maneira mais rápida, possibilitando então concluir a mesma de acordo com a data prevista no planejamento, normalizando os atrasos da obra.

f) Simulação de execução

Após vincular o cronograma de atividades ao modelo compatibilizado em BIM, com todas as datas planejadas registradas, e as executadas sendo preenchidas de acordo com o ritmo da obra, pode-se então realizar a simulação virtual da construção com o intuito de melhor visualizar todo o processo. Ao longo da simulação, visualiza-se através de diferentes cores as atividades que estão atrasadas e as que estão adiantadas.

Na Figura 51, por exemplo, definiu-se a coloração amarela para a atividade que apresenta status de adiantada, enquanto a coloração vermelha para a que apresenta status de atrasada. Dessa maneira, nota-se que enquanto a execução do telhado da casa geminada A está atrasada, a execução do telhado da casa geminada B está adiantada, comparando-se aos prazos planejados.

Figura 51 – Simulação comparativa entre “Planejado” x “Executado”



Fonte: O autor.

g) Análise detalhada das datas de atraso e adiantamento

A Figura 52 apresenta a visualização dos adiantamentos e atrasos desta atividade, a qual mostra que a execução do telhado da Casa Geminada A teve um atraso de 1 dia em relação ao planejado, enquanto o telhado da Casa Geminada B teve sua execução concluída 5 dias antes do previsto pelo planejamento inicial da obra.

Figura 52 – Datas planejadas e executadas para a execução do telhado das casas geminadas

Name	Status	Planned Start	Planned End	Actual Start	Actual End
📁 Casa Geminada A	🟢	14/09/2020	27/01/2021	14/09/2020	27/01/2021
📁 04. Telhado	🟢	12/11/2020	24/11/2020	12/11/2020	25/11/2020
Calha	🟢	12/11/2020	12/11/2020	12/11/2020	12/11/2020
Impermeabilização de calha	🟢	13/11/2020	13/11/2020	13/11/2020	14/11/2020
Pilaretes para estrutura do telhado	🟢	16/11/2020	17/11/2020	17/11/2020	18/11/2020
Estrutura do telhado em madeira	🟢	18/11/2020	19/11/2020	19/11/2020	21/11/2020
Instalação de telhas	🟢	20/11/2020	23/11/2020	22/11/2020	24/11/2020
Instalação de rufo	🟢	24/11/2020	24/11/2020	25/11/2020	25/11/2020
Name	Status	Planned Start	Planned End	Actual Start	Actual End
📁 Casa Geminada B	🟢	14/09/2020	27/01/2021	14/09/2020	27/01/2021
📁 04. Telhado	🟢	12/11/2020	24/11/2020	08/11/2020	19/11/2020
Calha	🟢	12/11/2020	12/11/2020	08/11/2020	08/11/2020
Impermeabilização de calha	🟢	13/11/2020	13/11/2020	09/11/2020	09/11/2020
Pilaretes para estrutura do telhado	🟢	16/11/2020	17/11/2020	12/11/2020	13/11/2020
Estrutura do telhado em madeira	🟢	18/11/2020	19/11/2020	14/11/2020	15/11/2020
Instalação de telhas	🟢	20/11/2020	23/11/2020	16/11/2020	17/11/2020
Instalação de rufo	🟢	24/11/2020	24/11/2020	18/11/2020	19/11/2020

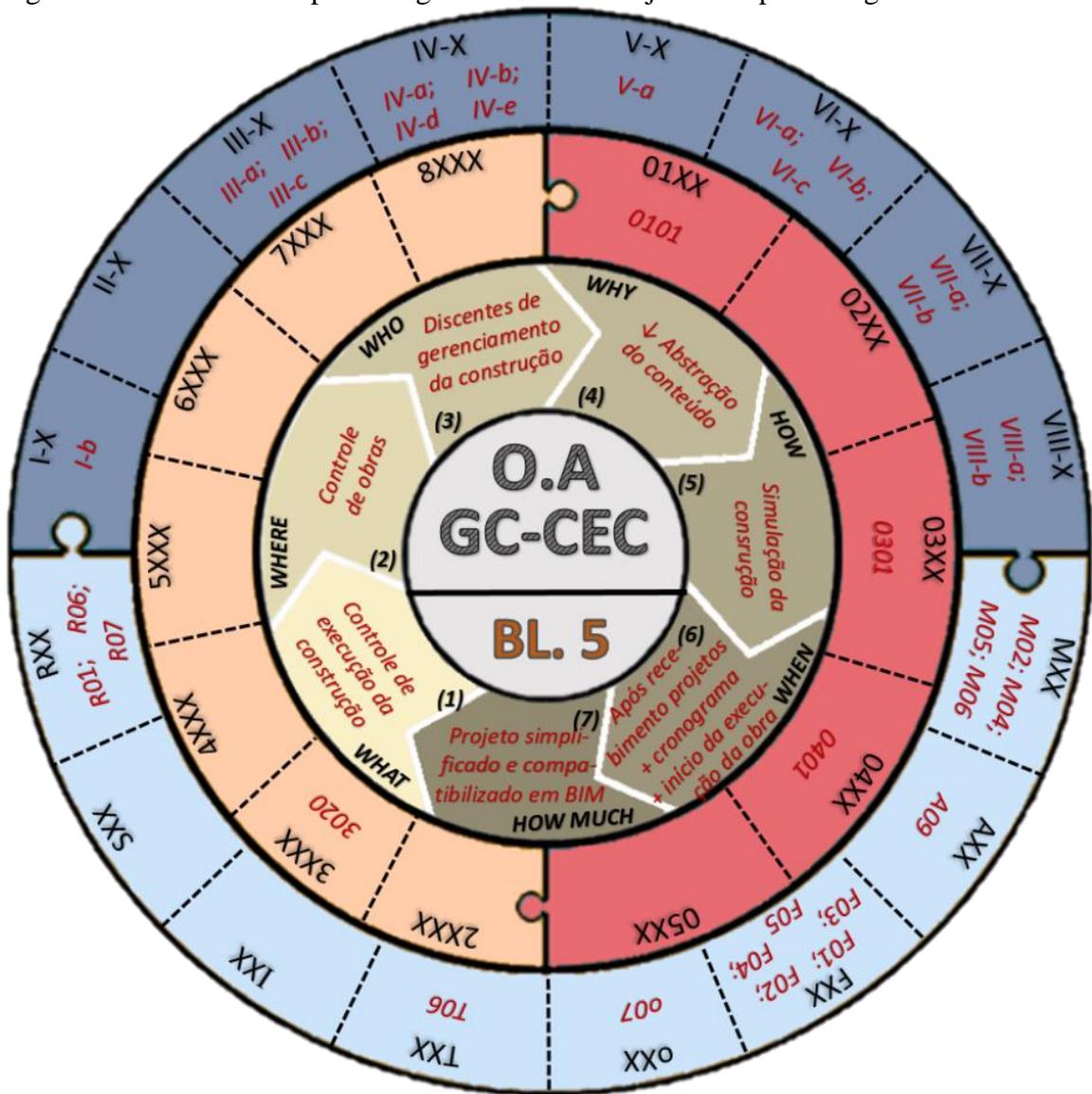
Fonte: O autor.

Os arquivos utilizados no desenvolvimento do referido Objeto de Aprendizagem BIM podem ser encontrados e baixados através dos links apresentados no Apêndice F.

4.2.3.2 Vinculação do Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC à bússola de aprendizagem

Ao observar a bússola de aprendizagem voltada ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC, nota-se a existência de diversos códigos selecionados dos quadros das competências, dos usos, dos propósitos e do nível cognitivo de Bloom (Figura 53). A seleção destes códigos também ocorreu por meio de uma análise de percepção, onde se identificou quais se relacionavam a este objeto de aprendizagem. Os códigos são explicados através de um quadro interativo (Figura 54), também utilizando o recurso “comentários” do Excel, com o objetivo de facilitar a leitura para o usuário.

Figura 53 – Bússola de Aprendizagem voltada ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC



Fonte: O autor.

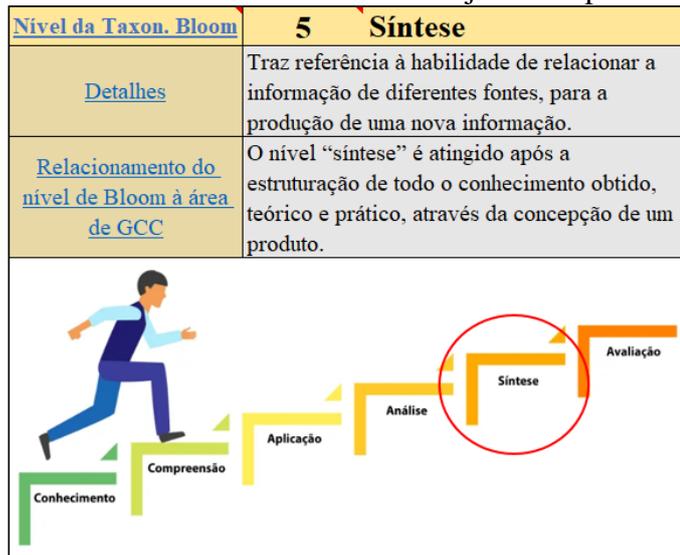
Figura 54 – Competências, usos e propósitos do Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC

LEITURA DINÂMICA DAS COMPETÊNCIAS E USOS			
Instruções: posicione o mouse aqui			
Comp./ Hab.	Comp. BIM	Propósitos BIM	Usos do modelo
I b (+)	02 (+)	01 01 (+)	3020 (+)
a (+)	04 (+)	03 01 (+)	
III b (+)	05 (+)	04 01 (+)	
c (+)	06 (+)		
a (+)	A 09 (+)		
b (+)	01 (+)		
IV d (+)	02 (+)		
e (+)	F 03 (+)		
V a (+)	04 (+)		
a (+)	05 (+)		
b (+)	o 07 (+)		
VI c (+)	T 06 (+)		
a (+)	R 01 (+)		
b (+)	06 (+)		
VIII a (+)	07 (+)		
b (+)			

Fonte: O autor.

Além dos usos e das competências, também se pode visualizar o nível cognitivo da taxonomia de Bloom relacionado ao objeto de aprendizagem BIM o qual se está trabalhando (Figura 55).

Figura 55 – Nível da Taxonomia de Bloom do Objeto de Aprendizagem GC-CEC



Fonte: O autor.

De acordo com a Figura 55, percebe-se que o nível cognitivo “Conhecimento” é atingido ao aluno incorporar conteúdos previamente aprendidos em disciplinas que são pré-

requisitos a disciplinas de Gerenciamento da Construção, mas que possuem fundamental importância para sua aprendizagem, por exemplo, leitura e análise de projetos, análise de sistemas construtivos, execução de serviços de engenharia, etc. O nível cognitivo “Compreensão” também é atingido devido se perceber que a partir de conceitos previamente aprendidos os alunos são capazes de relacionar tais informações a novos conhecimentos, como o controle de execução das atividades da obra. O nível cognitivo “Aplicação” é atingido devido ao uso de aplicações práticas que permitem concretizar a aprendizagem dos conteúdos trabalhados, como aplicações BIM simulando a construção virtual do empreendimento, o que torna mais fácil a visualização do sequenciamento das atividades da obra. O nível cognitivo “Análise” também é atingido após os discentes analisarem a simulação da construção virtual, visualizando se as atividades da obra estão sendo executadas conforme ao planejamento proposto inicialmente. Finalmente, o nível cognitivo “Síntese” é atingido após sintetizar toda a informação obtida, compreendendo se a obra está sendo executada no ritmo correto, se os prazos estão sendo cumpridos, para então ajustar possíveis eventualidades que possam surgir, diminuindo atrasos e inconveniências que possam encarecer a realização da mesma.

4.2.1.3 Análise das competências e dos usos relacionados ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC

Assim como fora comentado, as competências, os usos e os propósitos foram selecionados através dos respectivos quadros apresentados no capítulo de Revisão Bibliográfica. A seleção destes ocorreu por meio de uma análise de percepção, onde foram identificados os que se relacionavam ao objeto de aprendizagem apresentado.

a) Competências e habilidades DCNs

O Quadro 43 apresenta as competências e habilidades das DCNs possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC.

Quadro 43 – Competências e habilidades das DCNs possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC por competências e habilidades das DCNs		
Comp.	Hab.	Função
I	b	Ensina discentes a realizarem o controle da obra de forma precisa e segura, buscando atender às necessidades dos clientes e proporcionar a viabilidade de execução até o final da construção.

Continuação do Quadro 43 – Competências e habilidades das DCNs possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC por competências e habilidades das DCNs		
Comp.	Hab.	Função
III	a	Ensina discentes a realizarem o controle da obra utilizando recursos da Tecnologia da Informação, de forma a proporcionar maior facilidade no manuseio de cronogramas, realizando ajustes quando necessários para garantir a saúde da obra.
	b	Ensina discentes a definirem parâmetros, através de <i>templates</i> , que facilitem a realização do controle da obra de maneira padronizada, garantindo maior segurança ao processo.
	c	Ensina discentes a supervisionarem (controlarem) a execução das atividades da obra.
IV	a	Estimula discentes a realizarem um controle adequado da obra, analisando os prazos definidos, coordenando os projetos, supervisionando as equipes da obra, a fim de cumprir o cronograma e o orçamento definidos no início da obra.
	b	Estimula discentes a assumirem postura de liderança ao realizarem o controle da obra, cumprindo com os prazos definidos inicialmente e ajustando os que distorceram do planejamento. Deve-se atentar para gerir tanto os materiais usados, como as equipes da obra, de maneira adequada, a fim de que o planejamento previamente definido seja cumprido.
	d	Estimula discentes a assumirem postura empreendedora no momento de propor soluções de engenharia. Aproximando tal conceito à área de controle de obras, os alunos podem buscar gerar soluções otimizadas, por meio de recursos da Tecnologia da Informação para garantir eficácia e segurança ao processo.
	e	Indica aos discentes os benefícios que os recursos provenientes da Tecnologia da Informação oferecem ao controle de obras, sob a ótica econômica (ao tornar o processo mais econômico em termos de tempo e recursos utilizados), legal (ao tornar mais fácil o cumprimento dos prazos prometidos nos contratos), social (ao atender mais facilmente as necessidades dos clientes), e ambiental (ao diminuir o dispêndio de recursos físicos, como papel e outros insumos necessários ao processo).
V	a	Treina discentes para que se expressem de maneira adequada, de forma oral ou escrita, através de termos técnicos inerentes à sua área de atuação.
VI	a	Incentiva discentes a trabalharem em grupos, presencialmente ou de forma remota, de maneira integrada e colaborativa.
	b	Estimula a integração de discentes com outros de diferentes cursos ou universidades, de forma a trocar experiências sobre controle de obras, em seus mais diversos tipos.
	c	Incentiva discentes a assumirem postura de liderança para a realização do controle da obra, indicando a importância de se seguir o plano inicial, atendendo os prazos estabelecidos e redefinindo os que distorceram do planejado, com o intuito de garantir a viabilidade financeira da execução do empreendimento.
VII	a	Ensina discentes sobre a importância de realizarem um controle adequado da obra, adotando estratégias que cumpram o planejamento inicial de forma mais fiel o possível, evitando distorções que possam impactar o meio ambiente e a sociedade de maneira negativa.
	b	Indica aos discentes a necessidade de compreenderem toda a legislação que envolve a realização de uma obra, atuando de maneira ética sob as esferas social e ambiental.

Continuação Quadro 43 – Competências e habilidades das DCNs possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC por competências e habilidades das DCNs		
Comp.	Hab.	Função
VIII	a	Mostra aos discentes meios que facilitem a aprendizagem, como a utilização de recursos da Tecnologia da Informação para o controle das atividades da obra, com o intuito de facilitar a compreensão do processo diante de sua complexidade, controlando prazos de maneira eficiente e segura, e realocando recursos de forma adequada quando necessário.
	b	Incentiva discentes a conhecerem/disseminarem experiências de controle de obras, relatando casos de sucesso ou vivências insatisfatórias, buscando por conhecimento através de diferentes fontes, quer seja por meio de pesquisas, congressos, aproximações com profissionais da área de atuação, especialistas, etc.

Fonte: O autor.

b) Competências BIM

Os Quadros 44 a 49 apresentam as competências BIM orientadas ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC. Tais competências indicam as qualificações que os discentes devem obter para estarem aptos a atuar como engenheiro de planejamento e controle de obras, ao realizar principalmente atividades relacionadas à controle, quer seja de prazos, de mão de obra, de insumos, etc.

Quadro 44 – Competências Gerenciais do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-LQC por Competências Gerenciais do BIM		
Código	Competência	Função
M02	Liderança	Incentiva discentes a liderarem a equipe de colaboradores envolvidos com o planejamento da obra mantendo o fluxo de trabalho BIM contínuo e íntegro.
M04	Gestão organizacional	Incentiva discentes à melhoria contínua de utilização do fluxo de trabalho BIM na empresa.
M05	Desenvolvimento de negócios e gestão de clientes	Incentiva discentes, atuando como engenheiros, a buscarem maximizar o resultado alcançado pela empresa e por seus clientes. Por exemplo, através da otimização do fluxo de trabalho BIM para o planejamento e controle das atividades da obra, buscar-se-á por resultados cada vez melhores em relação ao tempo empreendido para a realização do planejamento e controle da obra, bem como por maior segurança e transparência das informações obtidas. Como consequência, o resultado da empresa e de seus clientes será maximizado, beneficiando ambos os envolvidos.
M06	Aliança e Parceria	Incentiva discentes a buscarem realizar parcerias com stakeholders do empreendimento de forma a garantir um fluxo de trabalho BIM otimizado. Por exemplo, o aluno, atuando como engenheiro, pode disponibilizar instruções aos projetistas das diversas disciplinas para que façam a elaboração do modelo conforme as suas necessidades, de maneira compatibilizada em BIM, facilitando assim o processo de planejamento e controle da obra.

Fonte: O autor.

Quadro 45 – Competências Administrativas do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC por Competências Administrativas do BIM		
Código	Competência	Função
A09	Gestão da qualidade	Incentiva discentes a gerirem a qualidade das informações obtidas ao longo da atividade de controle da obra, tais como análise se a execução das atividades da obra está cumprindo com o cronograma inicialmente proposto, alocação das equipes na obra, gestão de materiais, com o objetivo de conter informações íntegras (sem apresentar erros).

Fonte: O autor.

Quadro 46 – Competências Funcionais do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC por Competências Funcionais do BIM		
Código	Competência	Função
F01	Funcionamento básico	Incentiva discentes a planejarem os resultados esperados oriundos de sua atuação ao utilizar o fluxo de trabalho BIM.
F02	Colaboração	Incentiva discentes a trabalharem com projetos compatibilizados em BIM, com a finalidade de garantir a integridade do fluxo de trabalho BIM, sem ocasionar perdas de informação, e do trabalho colaborativo.
F03	Facilitação	Incentiva discentes a buscarem integrar os stakeholders de concepção e de execução do empreendimento, com o intuito de que desenvolvam os projetos em BIM, de maneira compatibilizada, conferindo maior celeridade e segurança em relação à troca de informações entre os profissionais envolvidos.
F04	Gerenciamento de projetos	Incentiva discentes a gerenciarem os projetos recebidos das diferentes disciplinas dos stakeholders para garantir integridade do fluxo de trabalho BIM para seus clientes e envolvidos com as próximas atividades do processo de construção do empreendimento.
F05	Gerenciamento de equipes e do fluxo de trabalho	Incentiva discentes a gerenciarem não apenas os projetos recebidos das diferentes disciplinas dos stakeholders, mas também a comunicação entre toda a equipe envolvida, com o intuito de garantir integridade e segurança em relação ao fluxo de trabalho BIM.

Fonte: O autor.

Quadro 47 – Competências Operacionais do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC por Competências Operacionais do BIM		
Código	Competência	Função
o07	Monitoramento e controle	Incentiva discentes a utilizarem ferramentas BIM de maneira eficiente para o controle da obra, monitorando/controlando espaços, sistemas e equipamentos relacionados à sua execução.

Fonte: O autor.

Quadro 48 – Competências Técnicas do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC por Competências Técnicas do BIM		
Código	Competência	Função
T06	Apresentação e animação	Incentiva discentes a gerarem renders e animações que permitam visualizar o controle da obra ao longo da linha do tempo, facilitando a visualização das atividades que estão sendo ou não cumpridas de acordo com o cronograma inicial da obra.

Fonte: O autor.

Quadro 49 – Competências P&D do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC por Competências P&D do BIM		
Código	Competência	Função
R01	Pesquisa e desenvolvimento geral	Incentiva discentes a se atualizarem constantemente no mercado, usufruindo amplamente das tecnologias BIM desenvolvidas pelas empresas fabricantes de software, focando em um processo de melhorias contínuas.
R06	Pesquisa e análise	Incentiva discentes a participarem de pesquisas acadêmicas e eventos, como congressos, que o estimulem a conhecer novos métodos, que sejam mais eficientes, para a realização de suas atividades.
R07	Engajamento industrial e compartilhamento de conhecimento	Semelhante a R06, no entanto, com o foco voltado à indústria, com a participação de discentes em workshops e seminários, por exemplo.

Fonte: O autor.

c) Propósitos do BIM

O Quadro 50 apresenta os propósitos do BIM orientados ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC.

Quadro 50 – Propósitos do BIM voltados ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC por propósitos do BIM		
Propósitos BIM		Função
01	01	Uso do BIM relacionado a utilização de recursos tridimensionais os quais se permite controlar com maior facilidade a execução sequenciada das atividades da obra de acordo com o seu cronograma, verificando se existem atividades adiantadas ou atrasadas.
03	01	Uso do BIM relacionado ao controle de execução da obra, coordenando a realização das atividades, a gestão da mão de obra e dos insumos, etc.
04	01	Uso do BIM relacionado à simulação da construção, permitindo a visualização de maneira mais próxima à realidade quanto à execução das atividades da obra nos prazos definidos inicialmente.

Fonte: O autor.

d) Usos do Modelo

O Quadro 51 apresenta os usos do modelo orientados ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC. Este indica possíveis aplicações do BIM voltadas ao respectivo objeto de aprendizagem BIM.

Quadro 51 – Usos do Modelo voltados ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-CEC pelos Usos do Modelo	
Cód.	Função
3020	Uso do BIM relacionado ao controle de execução das atividades da obra, analisando o cumprimento dos prazos definidos inicialmente, gerindo a mão de obra e o emprego de insumos nas atividades, etc.

Fonte: O autor.

4.2.4 Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI: Avaliação de Custos de Construção para Incorporação

A Figura 56 mostra a interface gráfica da planilha eletrônica atribuída ao usuário que deseja conhecer e trabalhar com o Objeto de Aprendizagem BIM voltado à área de Gerenciamento da Construção (GC), mais precisamente à Avaliação de Custos de Construção para Incorporação (ACCI).

4.2.4.1 Descrição do Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI

Figura 56 – Interface gráfica de escolha do Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI

Instruções:

- 1 - Selecione a "área de estudo" a qual deseja encontrar Objetos de Aprendizagem BIM, ou seja, aplicações práticas do BIM relacionadas à área;
- 2 - Selecione o "conteúdo de estudo" relacionado à área de estudo previamente selecionada;
- 3 - Observe o Objeto de Aprendizagem BIM correspondente e o plano de ação o qual faz referência às suas características;
- 4 - Para conhecer mais detalhes sobre o Objeto de Aprendizagem BIM indicado, clique na opção [\[Ver detalhes\]](#).

Seleção de área de estudo:
Incorporação

Seleção de conteúdo de estudo:
Avaliação de custos de construção para incorporação

Objeto de Aprendizagem BIM correspondente:
GC-ACCI

Plano de Ação

Para o ensino da [montagem das tabelas da NBR 12.721], em [incorporação], procura-se facilitar a aprendizagem dos [discentes de GCC] ao buscar [diminuir a abstração do conteúdo e melhorar a automatização do processo] através de um [projeto arquitetônico integrado a recursos de rastreamento de componentes com exportação automática de dados a planilhas eletrônicas]. Tal processo pode ser iniciado [após o ensino de conceitos sobre incorporação], e tem como pré-requisito o [projeto de arquitetura estar modelado em BIM].

[Ver detalhes \[OA-LQC\]](#)
[Ver detalhes \[OA-PEC\]](#)
[Ver detalhes \[OA-CEC\]](#)
[Ver detalhes \[OA-ACCI\]](#)
[Ver detalhes \[OA-AVEE\]](#)

[Voltar às instruções gerais](#)

Fonte: O autor.

No Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI, justifica-se o uso de um projeto arquitetônico integrado a recursos de rastreamento de componentes para diminuir a abstração do conteúdo, já que muitos discentes apresentam dificuldades em montar as tabelas da norma NBR 12.721:2006 – Avaliação dos Custos de Construção para Incorporação. Usufrui-se também da exportação automática de dados a planilhas eletrônicas, como do Excel, para melhorar a automatização do processo, contribuindo para maior eficiência na realização das atividades. Ao longo do processo, o projeto arquitetônico compatibilizado em BIM é apresentado aos discentes com o intuito de estabelecer um fluxo de informações entre projeto arquitetônico e o rastreamento de componentes, bem como ao cálculo do custo global de construção.

Figura 59 – Vista posterior em perspectiva do empreendimento



Fonte: O autor.

Figura 60 – Vista renderizada do empreendimento



Fonte: O autor.

b) Diferenciação das áreas de cálculo da planta para aplicação dos coeficientes

Para a avaliação dos custos de construção para incorporação, inicia-se a montagem das tabelas da norma NBR 12.721:2006. Inicialmente faz-se necessário diferenciar as áreas de cálculo da planta para a aplicação dos coeficientes da Norma, pois os coeficientes de aplicação variam conforme as especificidades da planta. Para delimitar essas áreas é necessário atentar aos critérios de prioridade entre a área privativa descoberta, a área privativa coberta, a área comum coberta padrão, a área comum descoberta e a área comum coberta de padrão diferente.

De acordo com a Norma, uma parede que se situe entre uma área privativa e uma área comum, é considerada como área privativa. A mesma preferência é estabelecida entre área coberta e descoberta, onde a preferência da área coberta sobressai sobre a descoberta. O padrão de material também é considerado nas preferências, onde padrões melhores tem a preferência sobre padrões inferiores, implicando na aplicação de diferentes coeficientes. A Figura 61 mostra a diferenciação entre a delimitação das áreas.

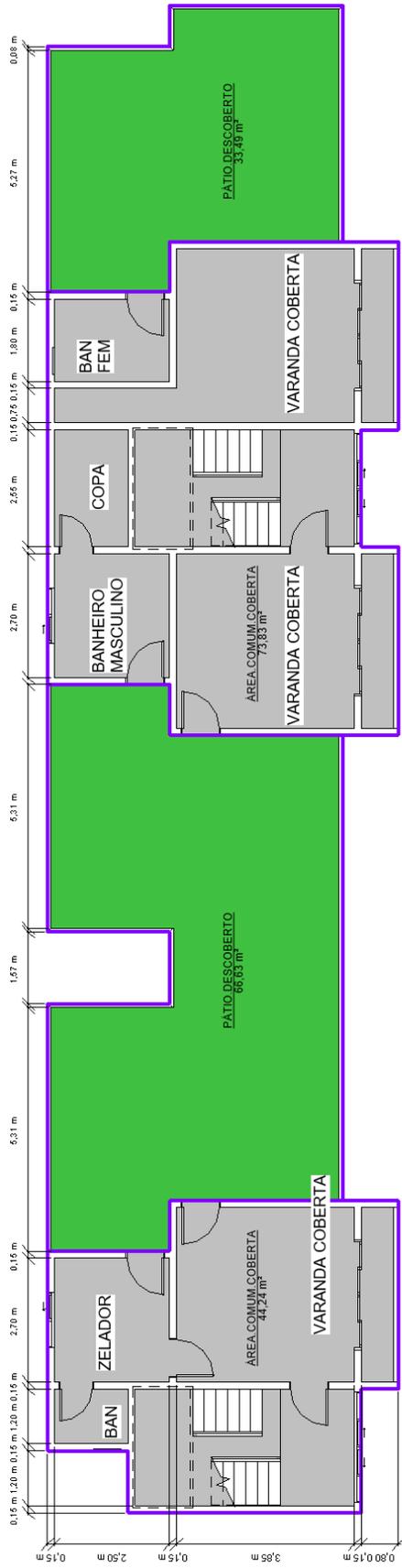
Figura 61 – Demonstrativo da delimitação das áreas



Fonte: O autor.

Para delimitar as áreas das áreas de lazer, do pavimento térreo e do pavimento tipo do empreendimento, elaborou-se as correspondentes plantas de áreas (Figura 62, 63 e 64, respectivamente) através do software Revit.

Figura 62 – Planta de área de lazer do empreendimento



PAV 4 - SOCIAL

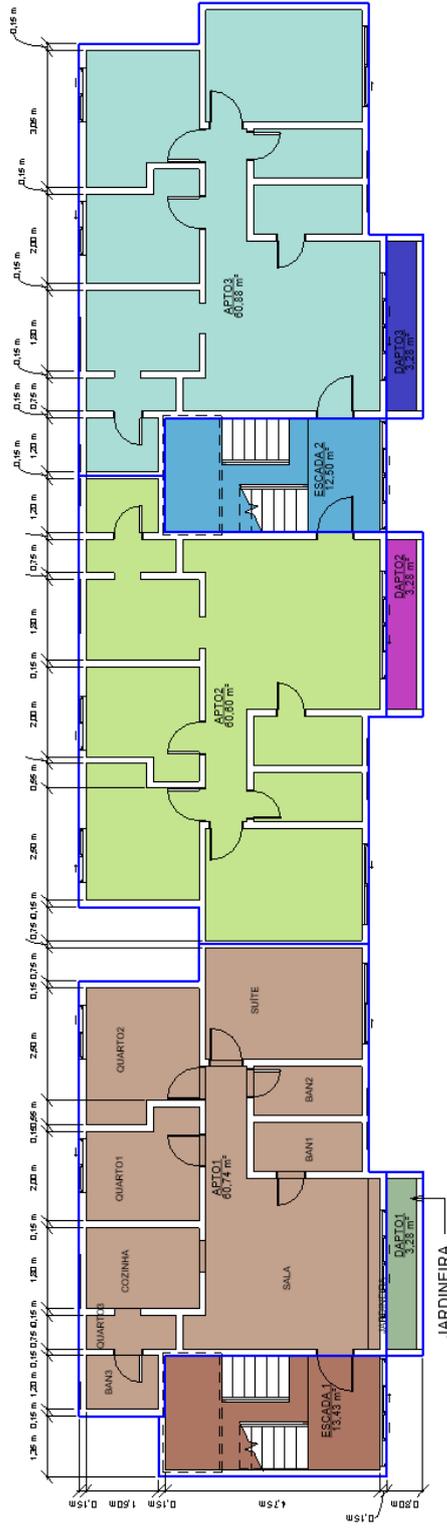
1 : 100

Legenda da área de construção

- PATIO DESCOBERTO
- ÁREA COMUM COBERTA

Fonte: O autor.

Figura 64 – Planta de área do pavimento tipo do empreendimento



1 PAV TIPO

1 : 100

Legenda da área de construção

- APT01
- APT02
- APT03
- DAPTO1
- DAPTO2
- DAPTO3
- ESCADA 1
- ESCADA 2

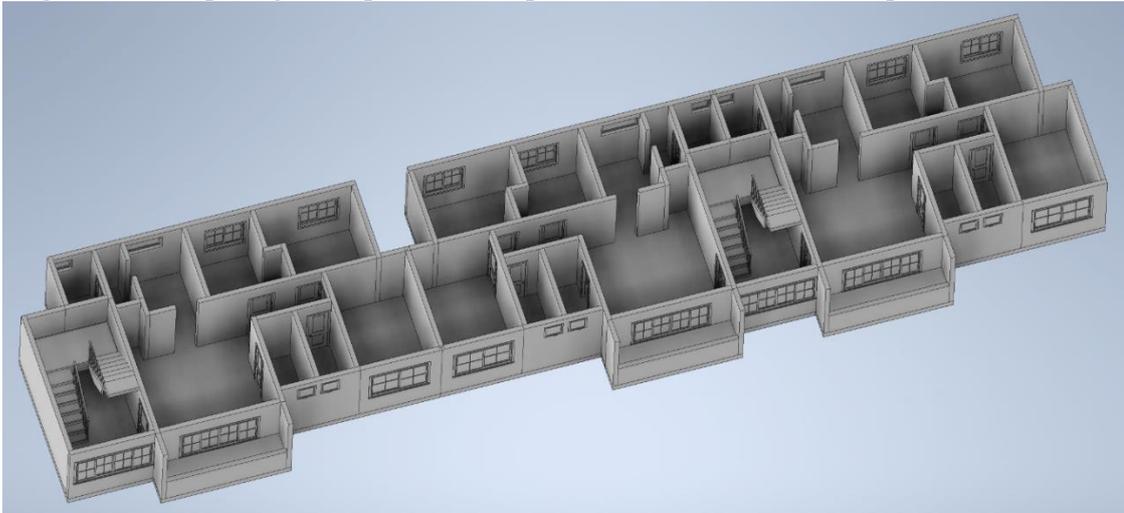
Áreas Quadro NBR 12.721 - TOTAIS			
Nome	TIPO DE ÁREA	0 = DESC / 1 = COBE	Área
COMUM			
0			
CIRCULAÇÃO, GARAGEM	COMUM	0	183,88
JARDIM	COMUM	0	189,20
PATIO, DESCOBERTO	COMUM	0	100,12
VAGA	COMUM	0	153,90
1			
ESCADA 1	COMUM	1	13,43
ESCADA 2	COMUM	1	12,50
GUARITA	COMUM	1	6,60
LIXEIRA	COMUM	1	2,65
ÁREA, COMUM, COBERTA	COMUM	1	118,07
PRIVATIVA			
0			
DAPTO1	PRIVATIVA	0	3,28
DAPTO2	PRIVATIVA	0	3,28
DAPTO3	PRIVATIVA	0	3,28
1			
APT01	PRIVATIVA	1	60,74
APT02	PRIVATIVA	1	60,60
APT03	PRIVATIVA	1	60,88
			972,40

Fonte: O autor.

c) Visualização das áreas delimitadas de forma tridimensional

Em virtude de ter percebido ao longo dos anos que a delimitação das áreas é considerada um processo confuso pelos discentes, devido a tênue diferenciação, optou-se por utilizar recursos de rastreamento de componentes para facilitar o entendimento dos alunos. Sendo assim, o pavimento tipo do condomínio foi exportado para o software Inventor para então ser melhor explicada a delimitação das áreas (Figura 65).

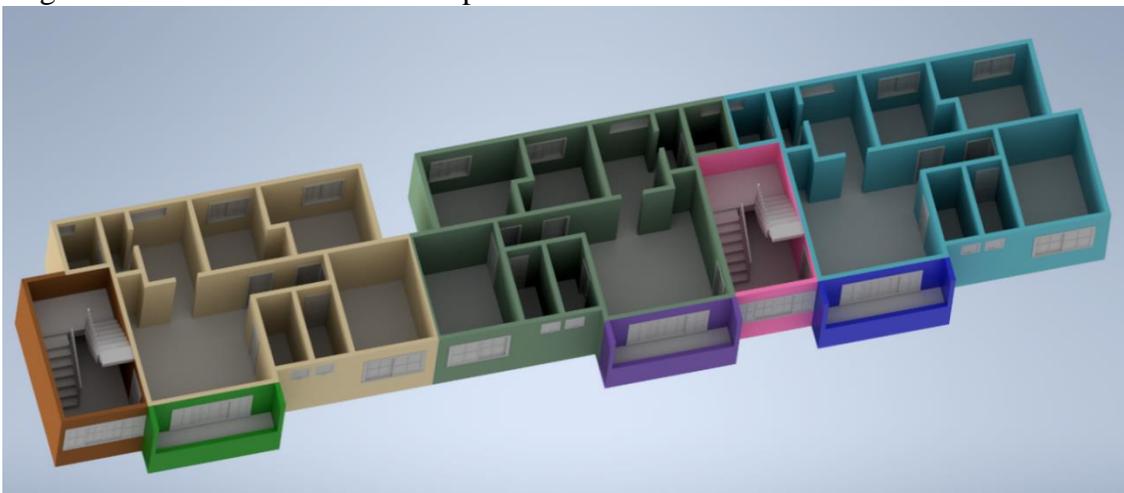
Figura 65 – Exportação do pavimento tipo do condomínio do Revit para o Inventor



Fonte: O autor.

Seguindo os critérios mencionados para a delimitação das áreas, realizou-se o rastreamento dos componentes ao pintar com colorações diferentes as áreas delimitadas (Figura 66).

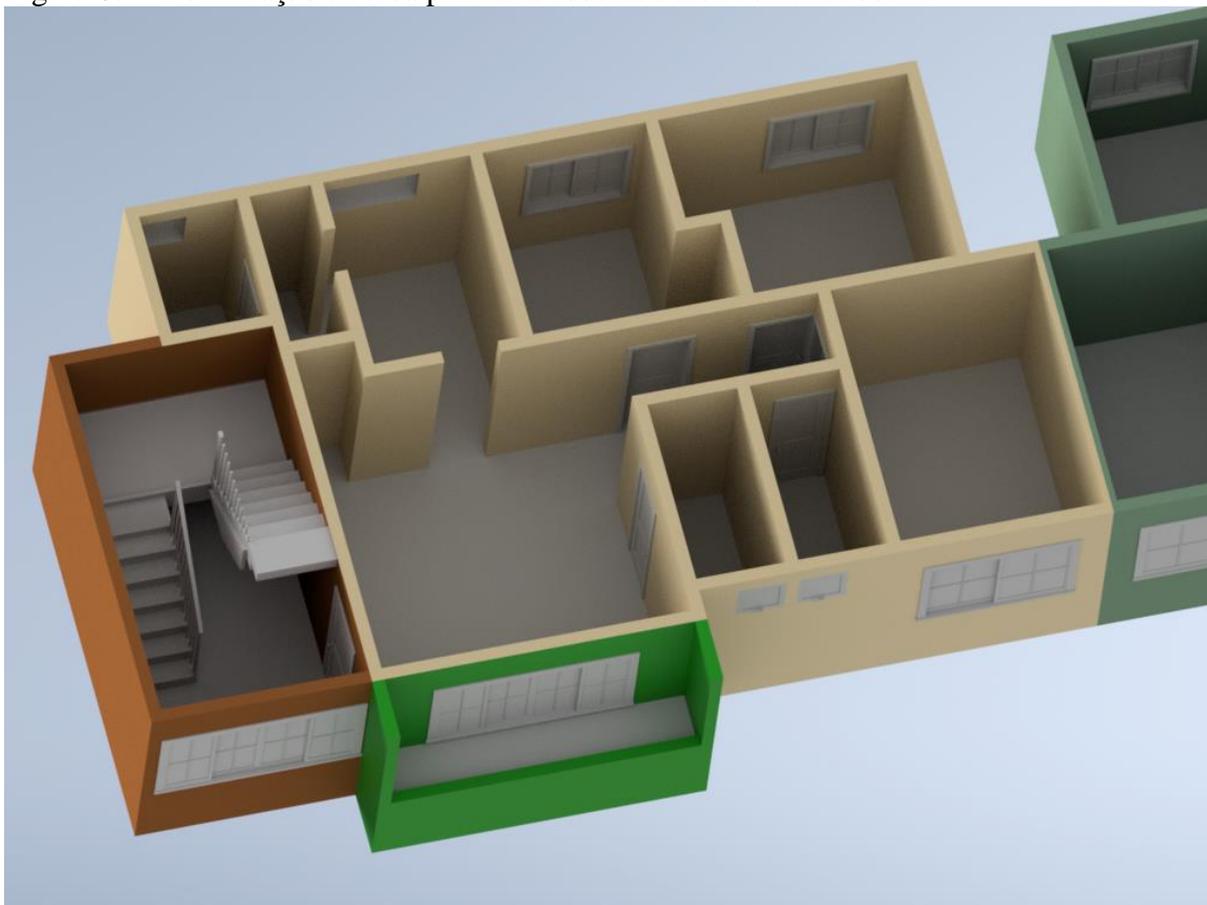
Figura 66 – Rastreamento dos componentes



Fonte: O autor.

Nota-se que o pavimento tipo possui áreas de um mesmo padrão de acabamento, então o que muda em relação à prioridade de diferenciação das áreas diz respeito à área ser privativa ou comum, e ser coberta ou descoberta. Para melhor visualizar a Figura 66, elaborou-se a Figura 67 com a ampliação do lado esquerdo daquela figura. Na Figura 67, percebe-se que a área privativa coberta da maior parte do apartamento tipo (coloração amarela) sobressai sobre a área comum coberta da escada (coloração marrom), sendo assim a parede externa entre o apartamento tipo e a escada é considerada como área privativa coberta. No caso da delimitação das áreas entre a maior parte do apartamento tipo (coloração amarela) e a jardineira do apartamento (coloração verde clara), a qual é classificada como área privativa descoberta, ocorre a preferência da área coberta sobre a descoberta, sendo assim, a parede entre as duas áreas é considerada como área privativa coberta (coloração amarela). O mesmo ocorre com as demais jardineiras dos apartamentos tipo, como observado na Figura 66.

Figura 67 – Delimitação da área privativa coberta e área comum coberta

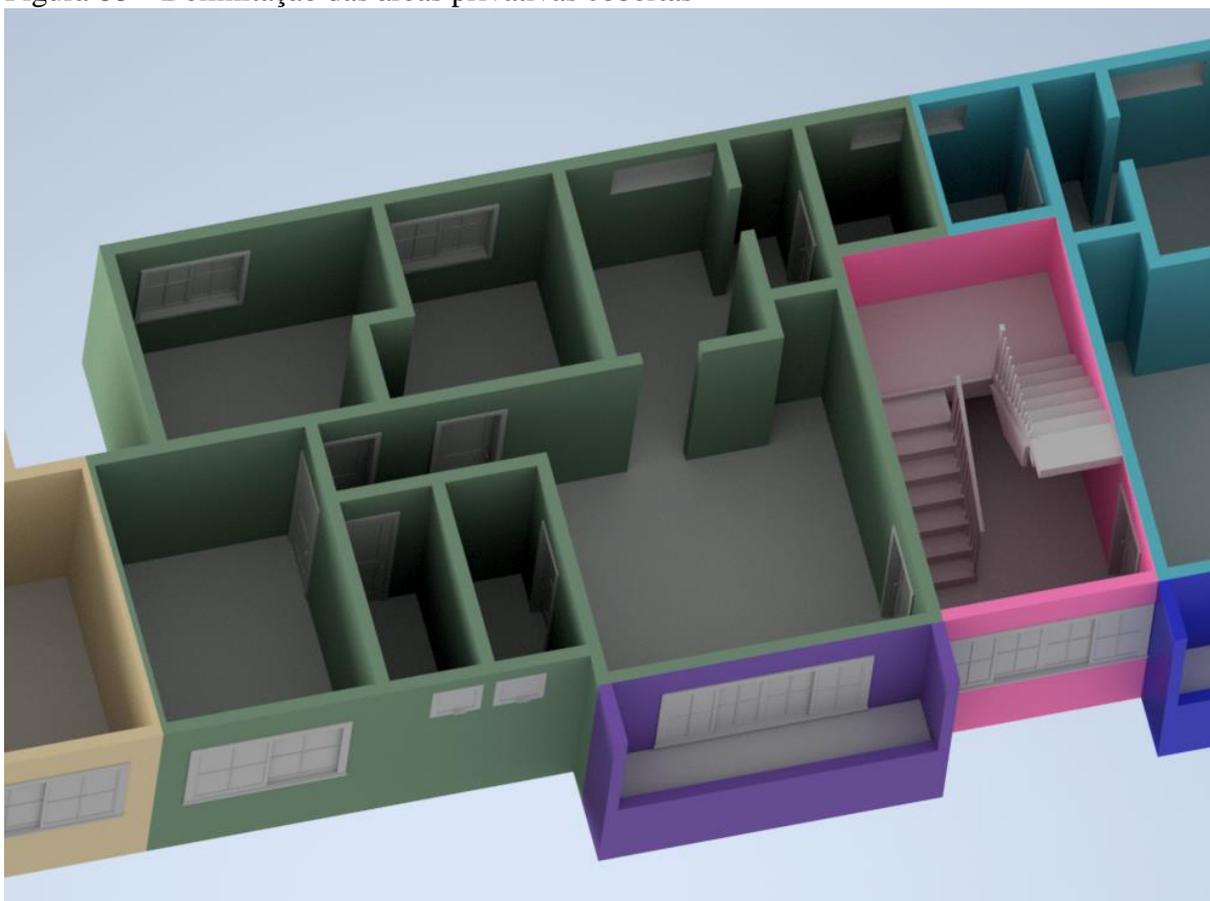


Fonte: O autor.

Constata-se também que não há prioridade entre duas áreas privativas cobertas, dessa maneira, a delimitação das áreas neste caso só considera meia parede para cada

apartamento tipo, como se pode observar facilmente através da Figura 68 através do limite entre a coloração amarela do apartamento tipo 1 e a coloração verde do apartamento tipo 2, e do limite entre a coloração verde do apartamento tipo 2 e a coloração azul clara do apartamento tipo 3. Acrescenta-se que no caso da escada entre os apartamentos tipo 2 e 3, ocorre o mesmo caso de delimitação de áreas que o comentado anteriormente entre áreas privativas cobertas e áreas comuns cobertas, onde a área privativa coberta se sobressai sobre a área comum coberta.

Figura 68 – Delimitação das áreas privativas cobertas



Fonte: O autor.

d) Exportação de dados e aplicação de coeficientes da Norma

Após a diferenciação das áreas e a obtenção de seus valores, os dados foram exportados de forma automática a uma planilha do Excel, a qual automaticamente aplicou os coeficientes para cada área delimitada. A Figura 69 mostra as tabelas criadas no Revit e a Figura 70 mostra a exportação das tabelas para a planilha do Excel e a aplicação dos coeficientes.

Figura 69 – Tabelas com as áreas no Revit

<Áreas Quadro NBR 12.721 - TOTAIS>			
A	B	C	D
Nome	TIPO DE ÁREA	0 = DESC / 1	Área
COMUM			
0			
CIRCULAÇÃO.GARAGEM	COMUM	0	183,88
JARDIM	COMUM	0	189,20
PÁTIO.DESCOBERTO	COMUM	0	100,12
VAGA	COMUM	0	153,90
1			
ESCADA 1	COMUM	1	13,43
ESCADA 2	COMUM	1	12,50
GUARITA	COMUM	1	6,60
LIXEIRA	COMUM	1	2,65
ÁREA.COMUM.COBERTA	COMUM	1	118,07
PRIVATIVA			
0			
DAPTO1	PRIVATIVA	0	3,28
DAPTO2	PRIVATIVA	0	3,28
DAPTO3	PRIVATIVA	0	3,28
1			
APTO1	PRIVATIVA	1	60,74
APTO2	PRIVATIVA	1	60,60
APTO3	PRIVATIVA	1	60,88
			972,40

Fonte: O autor.

Figura 70 – Tabelas exportadas para o Excel e aplicação dos coeficientes

Áreas Quadro NBR 12.721 - TOTAIS				A	B	C	D
Nome	TIPO DE ÁREA	0 = DESC 1 = COBE	Área		Descrição	Local	Coef.
CIRCULAÇÃO.GARAGEM	COMUM	0	183,9	1	a) garagem (subsolo): 0,50 a 0,75;	Subsolo	0,75
JARDIM	COMUM	0	189,2	2	b) área privativa (unidade autônoma padrão): 1,00;	Tipo	1
PÁTIO.DESCOBERTO	COMUM	0	100,1	3	c) área privativa (salas com acabamento): 1,00;		1
VAGA	COMUM	0	153,9	4	d) área privativa (salas sem acabamento): 0,75 a 0,90;		0,9
ESCADA 1	COMUM	1	13,43	5	e) área de loja sem acabamento: 0,40 a 0,60;		0,6
ESCADA 2	COMUM	1	12,5	6	f) varandas: 0,75 a 1,00;		1
GUARITA	COMUM	1	6,6	7	g) terraços ou áreas descobertas sobre lajes: 0,30 a 0,60;	Cobertura	0,6
LIXEIRA	COMUM	1	2,65	8	h) estacionamento sobre terreno: 0,05 a 0,10;	Garagem	0,1
ÁREA.COMUM.COBERTA	COMUM	1	118,1	9	i) área de projeção do terreno sem benfeitoria: 0,00;		0
DAPTO1	PRIVATIVA	0	3,28	10	j) área de serviço – residência unifamiliar padrão baixo (aberta): 0,50;	Jardineira	0,5
DAPTO2	PRIVATIVA	0	3,28	11	k) barrilete: 0,50 a 0,75;		0,75
DAPTO3	PRIVATIVA	0	3,28	12	l) caixa d'água: 0,50 a 0,75;		0,75
APTO1	PRIVATIVA	1	60,74	13	m) casa de máquinas: 0,50 a 0,75; e		0,75
APTO2	PRIVATIVA	1	60,6	14	n) piscinas: 0,50 a 0,75.		0,75
APTO3	PRIVATIVA	1	60,88	15	o) quintais, calçadas, jardins etc.: 0,10 a 0,30.	Circulação	0,1
		Total	972,4	16			

Fonte: O autor.

Analisando a Figura 70, percebe-se diferentes coeficientes estabelecidos pela Norma, pois os custos de construção para cada ambiente são variados. Dessa maneira, nota-se, por exemplo, que no pavimento tipo (área privativa coberta com acabamento superior), aplica-se o coeficiente de valor igual a 1; na cobertura (área comum descoberta com acabamento superior), aplica-se o coeficiente de valor igual a 0,6; na circulação (área comum descoberta com acabamento inferior), aplica-se o coeficiente de valor igual a 0,1, o que significa que o custo de construção tem maior impacto nos ambientes do pavimento tipo, seguido por cobertura e por circulação.

e) Cálculo do Custo Global de Construção

Finalmente, a Figura 71 apresenta os cálculos para se encontrar o custo global da construção, conforme as diretrizes apresentadas pela NBR 12.721:2006. Ao se conhecer o custo unitário básico (CUB) do período analisado, pode-se estabelecer uma relação de produto com as áreas encontradas em relação aos ambientes do empreendimento, chegando-se então ao valor de construção. Após serem acrescentados custos provenientes de parcelas adicionais não consideradas no projeto padrão, impostos e taxas, custos de projeto, custos de remuneração do incorporador e do construtor, por exemplo, chegou-se ao custo global de construção, o qual, neste caso em particular, foi definido o valor de R\$ 1.816.396,20.

Figura 71 – Cálculo do custo global da construção

INFORMAÇÃO			
3.	Custo unitário básico:	R\$/m ² (ABRIL /2020)	1127 CUB DO MÊS ANTERIOR https://sindusconce.com.br/cub/
4.	Áreas globais do prédio projetado		
4.1	ÁREA REAL PRIVATIVA GLOBAL	(QI, S5)	768,24 m ² 50,45%
4.2	ÁREA REAL DE USO COMUM GLOBAL	(QI, S10+S15)	754,42 m ² 49,55%
4.3	ÁREA REAL GLOBAL	(QI, S17)	1522,66 m ² 100,00%
4.4	ÁREA DE CONSTRUÇÃO PRIVATIVA, GLOBAL	(QI, S6)	748,56 m ² 79,20%
4.5	ÁREA DE CONSTRUÇÃO DE USO COMUM GLOBAL	(QI, S11+S16)	196,63 m ² 20,80%
4.6	ÁREA DE CONSTRUÇÃO GLOBAL	(QI, S18)	945,19 m ² 100,00%
5.	Área de construção global (4.6) X custo unitário básico (3)	R\$	R\$ 1.065.229,13
6.	Parcelas adicionais não consideradas no projeto padrão	R\$	
6.1	FUNDAÇÕES ESPECIAIS(no projeto padrão foram considerados fundações diretas 2,50m)	R\$	100000,00
6.2	ELEVADORES	R\$	0,00
6.3	EQUIPAMENTO E INSTALAÇÕES DE:		
6.3.1	FOGÕES	R\$	0,00
6.3.2	AQUECEDORES	R\$	0,00
6.3.3	BOMBAS DE RECALQUE	R\$	1000,00
6.3.4	INCINERAÇÃO	R\$	0,00
6.3.5	AR CONDICIONADO	R\$	0,00
6.3.6	CALEFAÇÃO	R\$	0,00
6.3.7	VENTILAÇÃO E EXAUSTÃO	R\$	0,00
6.3.8	GARAGEM	R\$	0,00
6.3.9	"PLAY GROUND"	R\$	0,00
6.3.10	GRUPO GERADOR	R\$	10000,00
6.3.11		R\$	0,00
6.4	OBRAS E SERVIÇOS COMPLEMENTARES		
6.4.1	TERRAPLENAGEM	R\$	0,00
6.4.2	URBANIZAÇÃO	R\$	0,00
6.4.3	RECREAÇÃO(PISCINAS, CAMPOS DE ESPORTE)	R\$	0,00
6.4.4	AJARDINAMENTO	R\$	0,00
6.4.5	LIGAÇÕES DE SERVIÇOS PÚBLICOS (Art. 51)	R\$	0,00
6.4.6	INSTALAÇÃO E REGULAMENTAÇÃO DO CONDOMÍNIO	R\$	0,00
6.4.7		R\$	0,00
6.4.8		R\$	0,00
6.5	OUTROS SERVIÇOS DISCRIMINADOS EM ANEXO	R\$	0,00
7.	1º Sub Total	R\$	1176229,13
8.	Impostos e taxas	R\$	0,00
9.	Projeto		
9.1	HONORÁRIOS DO AUTOR DO PROJETO ARQUITETÔNICO	R\$	100000,00 5%
9.2	HONORÁRIOS DO AUTOR DO PROJETO ESTRUTURAL	R\$	20000,00 2%
9.3	HONORÁRIOS DO AUTOR DO PROJETO DE INSTALAÇÕES	R\$	20000,00
9.4		R\$	0,00
9.5		R\$	0,00
10.	2º Sub Total		1316229,13
11.	Remuneração do construtor	R\$	263245,83 20%
12.	Remuneração do incorporador	R\$	236921,24 15%
13.	Custo global da construção	R\$	1816396,20
14.	Preço por m ² da construção: (13)/ (4.6) =	R\$/m ²	1921,73

Fonte: O autor.

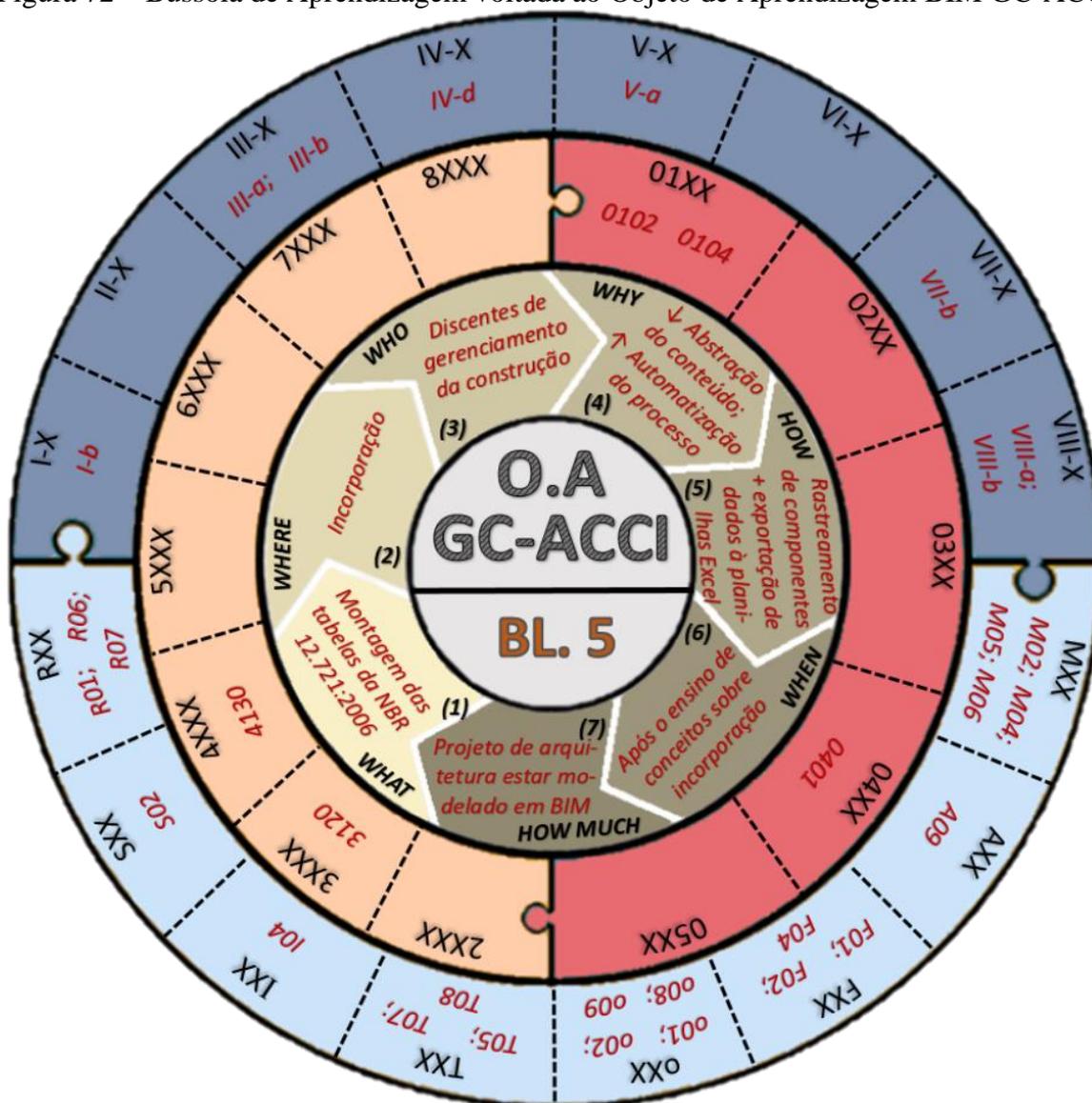
Os arquivos utilizados no desenvolvimento do referido Objeto de Aprendizagem BIM podem ser encontrados e baixados através dos links apresentados no Apêndice F.

4.2.4.2 Vinculação do Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI à bússola de aprendizagem

Assim como no caso dos objetos de aprendizagem anteriores, ao observar a bússola de aprendizagem voltada ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI, nota-se a existência de diversos códigos selecionados dos quadros das competências, dos usos, dos propósitos e do

nível cognitivo de Bloom (Figura 72). A seleção destes códigos também ocorreu por meio de uma análise de percepção, onde se identificou quais deles se relacionavam a este objeto de aprendizagem.

Figura 72 – Bússola de Aprendizagem voltada ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI



Fonte: O autor.

Devido os códigos tratarem de uma linguagem específica, a qual necessita que o usuário consulte os quadros das competências, usos e propósitos para seu entendimento, optou-se por explicá-los de forma interativa também utilizando o recurso “comentários” do Excel, facilitando a leitura para o usuário. A Figura 73 apresenta os códigos listados na planilha eletrônica.

Figura 73 – Competências, usos e propósitos do Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI

LEITURA DINÂMICA DAS COMPETÊNCIAS E USOS			
Instruções: posicione o mouse aqui			
Comp./ Hab.	Comp. BIM	Propósi- tos BIM	Usos do modelo
I b (+)	M 02 (+)	01 02 (+)	3120 (+)
III a (+)	M 04 (+)	04 04 (+)	4130 (+)
III b (+)	M 05 (+)	04 01 (+)	
IV d (+)	M 06 (+)		
V a (+)	A 09 (+)		
VI b (+)	F 01 (+)		
VI a (+)	F 02 (+)		
II b (+)	F 04 (+)		
	o 01 (+)		
	o 02 (+)		
	o 08 (+)		
	o 09 (+)		
	T 05 (+)		
	T 07 (+)		
	T 08 (+)		
	I 04 (+)		
	S 02 (+)		
	R 01 (+)		
	R 06 (+)		
	R 07 (+)		

Fonte: O autor.

O mesmo processo pode ser observado para o nível cognitivo da taxonomia de Bloom (Figura 74). De acordo com a esta figura, nota-se que o nível cognitivo “Conhecimento” é atingido ao aluno incorporar conteúdos previamente aprendidos em disciplinas que são pré-requisitos a disciplinas de Gerenciamento da Construção, mas que possuem fundamental importância para sua aprendizagem, por exemplo, leitura e análise de projetos. O nível cognitivo “Compreensão” também é atingido devido se perceber que a partir de conceitos previamente aprendidos os alunos são capazes de relacionar tais informações a novos conhecimentos, como a avaliação do custo de construção para incorporação. O nível cognitivo “Aplicação” é atingido devido ao uso de aplicações práticas que permitem concretizar a aprendizagem dos conteúdos trabalhados, como aplicações BIM que facilitem o rastreamento de componentes de construção para delimitação das áreas conforme os critérios da norma NBR 12.721:2006. O nível cognitivo “Análise” também é atingido após os discentes analisarem as plantas de área elaboradas para então iniciar a montagem das tabelas da NBR 12.721:2006. Finalmente, o nível cognitivo “Síntese” é atingido após sintetizar toda a informação obtida, como as plantas de área, realizando os cálculos necessários, conforme apresentados na NBR 12.721:2006 para se encontrar o custo global de construção para incorporação.

Figura 74 – Nível da Taxonomia de Bloom do Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI

Nível da Taxon. Bloom	5 Síntese
<u>Detalhes</u>	Traz referência à habilidade de relacionar a informação de diferentes fontes, para a produção de uma nova informação.
<u>Relacionamento do nível de Bloom à área de GCC</u>	O nível “síntese” é atingido após a estruturação de todo o conhecimento obtido, teórico e prático, através da concepção de um produto.

Fonte: O autor.

4.2.4.3 Análise das competências e dos usos relacionados ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI

Assim como fora comentado, as competências, os usos e os propósitos foram selecionados através dos respectivos quadros apresentados no capítulo de Revisão Bibliográfica. A seleção destes ocorreu por meio de uma análise de percepção, onde se identificou quais deles se relacionavam ao objeto de aprendizagem apresentado.

a) Competências e habilidades DCNs

O Quadro 52 apresenta as competências e habilidades das DCNs possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI.

Quadro 52 – Competências e habilidades das DCNs possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI por competências e habilidades das DCNs		
Comp.	Hab.	Função
I	b	Ensina discentes a delimitarem corretamente as áreas comuns e privativas do condomínio para avaliar os custos de construção para incorporação através do rastreamento de componentes de construção. Deve-se atentar às características do empreendimento, como seu padrão, para a escolha adequada dos coeficientes usados.
III	a	Ensina discentes a montarem as tabelas da NBR 12.721:2006 utilizando recursos da Tecnologia da Informação para maior compreensão e automatização do processo de avaliação dos custos de construção para incorporação.
	b	Ensina discentes a definirem parâmetros, através de <i>templates</i> , que facilitem a montagem das tabelas da NBR 12.721:2006 e seu entendimento pelos usuários por meio da padronização do processo.

Continuação Quadro 52 – Competências e habilidades das DCNs possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI por competências e habilidades das DCNs		
Comp.	Hab.	Função
IV	d	Estimula discentes a assumirem postura empreendedora no momento de propor soluções de engenharia. Aproximando tal conceito à área de avaliação dos custos de construção para incorporação, os alunos podem buscar gerar soluções otimizadas, por meio de recursos da Tecnologia da Informação que confirmam maior automaticidade ao processo de montagem das tabelas da NBR 12.721:2006, usando informações mais precisas e seguras.
V	a	Ensina discentes a se expressarem de maneira adequada, de forma oral ou escrita, através de termos técnicos inerentes à sua área de atuação.
VII	b	Demonstra aos discentes a necessidade de compreenderem a legislação que envolve a avaliação dos custos de construção para incorporação, atuando de maneira ética sob todas as esferas envolvidas.
VIII	a	Demonstra aos discentes meios que facilitem a aprendizagem, como a utilização de recursos da Tecnologia da Informação para a avaliação dos custos de construção, com o intuito de facilitar a compreensão do processo diante de sua complexidade, por meio do rastreio de componentes de construção ao usar recursos tridimensionais.
	b	Incentiva discentes a conhecerem/dissemინarem experiências de avaliação dos custos de construção para incorporação, relatando casos de sucesso ou vivências insatisfatórias, buscando por conhecimento através de diferentes fontes, quer seja por meio de pesquisas, congressos, aproximações com profissionais da área de atuação, especialistas, etc.

Fonte: O autor.

b) Competências BIM

Os Quadros 53 a 60 apresentam as competências BIM orientadas ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI. Tais competências indicam as qualificações que os discentes devem obter para estarem aptos a atuarem como incorporador, ao realizar principalmente atividades relacionadas ao cálculo do custo de construção para incorporação.

Quadro 53 – Competências Gerenciais do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI por Competências Gerenciais do BIM		
Código	Competência	Função
M02	Liderança	Incentiva discentes a liderarem a equipe de colaboradores envolvidos com o processo de incorporação do empreendimento a ser viabilizado mantendo o fluxo de trabalho BIM contínuo e íntegro.
M04	Gestão organizacional	Incentiva discentes à busca pela melhoria contínua de utilização do fluxo de trabalho BIM.
M05	Desenvolvimento de negócios e gestão de clientes	Incentiva discentes, atuando como engenheiros, a buscarem maximizar o resultado alcançado pela empresa e por seus clientes. Por exemplo, através da otimização do fluxo de trabalho BIM para a montagem das tabelas da NBR 12.721:2006, buscar-se-á por resultados cada vez melhores em relação ao menor tempo empreendido para a realização da respectiva atividade, à segurança e à transparência das informações obtidas. Como consequência, o resultado da empresa e de seus clientes será maximizado, beneficiando ambos os envolvidos.
M06	Aliança e Parceria	Incentiva discentes a buscarem realizar parcerias com stakeholders do empreendimento de forma a garantir um fluxo de trabalho BIM otimizado. Por exemplo, o aluno, atuando como engenheiro, pode disponibilizar instruções aos projetistas das diversas disciplinas para que façam a elaboração do modelo conforme as suas necessidades, facilitando assim o processo de montagem das tabelas da NBR 12.721:2006.

Fonte: O autor.

Quadro 54 – Competências Administrativas do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI por Competências Administrativas do BIM		
Código	Competência	Função
A09	Gestão da qualidade	Incentiva discentes a gerirem a qualidade das informações obtidas ao longo da obtenção do preço global de construção, tais como a planta de áreas e a montagem das tabelas da NBR 12.721:2006, para que contenham informações íntegras (sem apresentar erros).

Fonte: O autor.

Quadro 55 – Competências Funcionais do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI por Competências Funcionais do BIM		
Código	Competência	Função
F01	Funcionamento básico	Incentiva discentes a planejarem os resultados esperados oriundos de sua atuação ao utilizar o fluxo de trabalho BIM.
F02	Colaboração	Incentiva discentes a trabalharem com projetos compatibilizados em BIM, com a finalidade de garantir a integridade do fluxo de trabalho BIM, sem ocasionar perdas de informação, e do trabalho colaborativo.
F04	Gerenciamento de projetos	Incentiva discentes a gerenciarem os projetos recebidos das diferentes disciplinas dos stakeholders para garantir a integridade do fluxo de trabalho BIM para seus clientes e envolvidos com as próximas atividades do processo de construção do empreendimento.

Fonte: O autor.

Quadro 56 – Competências Operacionais do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI por Competências Operacionais do BIM		
Código	Competência	Função
o01	Modelagem geral	Estimula discentes a saberem receber, ler e entender os projetos de arquitetura elaborados em ferramentas BIM, realizando adaptações, por exemplo, realizando a planta de delimitações das áreas privativas e comuns para a montagem das tabelas da NBR 12.721:2006, com o intuito de garantir a integridade do fluxo de trabalho BIM aos clientes e aos envolvidos com as próximas atividades do processo de construção do empreendimento.
o02	Captura e representação	Incentiva discentes a saberem demonstrar, através do projeto de arquitetura recebido, os espaços e os ambientes físicos, privativos e comuns, os quais impactam no custo global da construção.
o08	Vinculação e extensão	Estimula discentes a saberem vincular informações obtidas através de ferramentas BIM ao longo de sua atuação a bancos de dados, tais como planilhas eletrônicas.
o09	Modelagem personalizada	Incentiva discentes a saberem realizar adaptações necessárias, como acrescentar informações sobre a delimitação das áreas da planta ao modelo, entregando um modelo personalizado e que atenda aos diversos usos solicitados pelos clientes.

Fonte: O autor.

Quadro 57 – Competências Técnicas do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI por Competências Técnicas do BIM		
Código	Competência	Função
T05	Documentação	Estimula discentes a gerarem documentos padronizados, como a montagem das tabelas da NBR 12.721:2006, com o intuito de facilitar a leitura e a compreensão de seus clientes, proporcionando a integridade e a continuidade do fluxo de construção do empreendimento.
T07	Modelo de gestão	Estimula discentes a planejarem todo o processo de atuação, buscando padronizar a execução de atividades, com o intuito de diminuir ineficiências e tornar mais célere o processo de correção de eventuais problemas que possam ocorrer ao longo de sua atuação profissional.
T08	Gestão de documentos	Incentiva discentes a manterem organizado todo o processo de compartilhamento de arquivos entre stakeholders e clientes, evitando possíveis perdas de informação ao longo do processo.

Fonte: O autor.

Quadro 58 – Competências de Implementação do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI por Competências de Implementação do BIM		
Código	Competência	Função
I04	Padronização e templates	Estimula discentes a gerarem dados padronizados para a montagem das tabelas da NBR 12.721:2006.

Fonte: O autor.

Quadro 59 – Competências de Suporte do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI por Competências de Suporte do BIM		
Código	Competência	Função
S02	Suporte de dados e rede	Estimula discentes a saberem gerenciar informações dos componentes dos modelos, bem como dos documentos gerados, tais como as tabelas da NBR 12.721:2006, de maneira a garantir a integridade dos dados.

Fonte: O autor.

Quadro 60 – Competências P&D do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI por Competências P&D do BIM		
Código	Competência	Função
R01	Pesquisa e desenvolvimento geral	Incentiva discentes a buscarem se atualizar constantemente no mercado, usufruindo amplamente das tecnologias BIM desenvolvidas por empresas fabricantes de software, focando em um processo de melhorias contínuas.
R06	Pesquisa e análise	Estimula discentes a buscarem participar de pesquisas acadêmicas e eventos, como congressos, que o estimulem a conhecerem novos métodos, mais eficientes, para a realização de suas atividades.
R07	Engajamento industrial e compartilhamento de conhecimento	Semelhante a R06, no entanto, com o foco voltado à indústria, com a participação do consultor de elaboração da incorporação em workshops e seminários, por exemplo.

Fonte: O autor.

c) Propósitos do BIM

O Quadro 61 apresenta os propósitos do BIM orientados ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI.

Quadro 61 – Propósitos do BIM voltados ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI por propósitos do BIM		
Propósitos BIM		Função
01	02	Uso do BIM relacionado à extração de quantitativos das áreas privativas e comuns do empreendimento para o cálculo do custo global de construção.
	04	Uso do BIM relacionado ao rastreamento das áreas comuns e privativas, com o intuito de facilitar a visualização e aplicar corretamente os coeficientes previstos na NBR 12.721:2006 para o cálculo do custo global de construção.
04	01	Uso do BIM relacionado à representação realista dos elementos da construção, com o intuito de facilitar a visualização da delimitação das áreas comuns e privativas do empreendimento.

Fonte: O autor.

d) Usos do Modelo

O Quadro 62 apresenta os usos do modelo orientados ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI. Este indica possíveis aplicações do BIM voltadas ao respectivo objeto de aprendizagem BIM.

Quadro 62 – Usos do Modelo voltados ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-ACCI pelos Usos do Modelo	
Cód.	Função
3120	Uso do BIM relacionado a definição do custo global de construção para incorporação.
4130	Uso do BIM relacionado à extração do quantitativo das áreas comuns e privativas para a montagem das tabelas da NBR 12.721:2006.

Fonte: O autor.

4.2.5 Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE: Análise da Viabilidade de Execução do Empreendimento

4.2.5.1 Descrição do Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE

A Figura 75 mostra a interface gráfica da planilha eletrônica atribuída ao usuário que deseja conhecer e trabalhar com o Objeto de Aprendizagem BIM voltado à área de Gerenciamento da Construção (GC), mais precisamente à Análise da Viabilidade de Execução do Empreendimento (AVEE).

Figura 75 – Interface gráfica de escolha do Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE

Instruções:

- 1 - Selecione a "área de estudo" a qual deseja encontrar Objetos de Aprendizagem BIM, ou seja, aplicações práticas do BIM relacionadas à área;
- 2 - Selecione o "conteúdo de estudo" relacionado à área de estudo previamente selecionada;
- 3 - Observe o Objeto de Aprendizagem BIM correspondente e o plano de ação o qual faz referência às suas características;
- 4 - Para conhecer mais detalhes sobre o Objeto de Aprendizagem BIM indicado, clique na opção [\[Ver detalhes\]](#).

Selecione a área de estudo:
Estudo_de_viabilidade

Selecione o conteúdo de estudo:
Análise da viabilidade de execução do empreendimento

Objeto de Aprendizagem BIM correspondente:
GC-AVEE

Plano de Ação

Para o ensino da [análise da viabilidade de execução do empreendimento], em [estudo de viabilidade], procura-se facilitar a aprendizagem dos [discentes de GCC] ao buscar [diminuir a abstração do conteúdo] através de uma [aplicação que vincula requisitos de viabilidade de execução do empreendimento a recursos tridimensionais]. Tal processo pode ser iniciado [após o ensino de conceitos sobre viabilidade de execução do empreendimento], e tem como pré-requisito a [prévia seleção dos requisitos de viabilidade os quais se deseja avaliar].

[Ver detalhes \[OA-LQC\]](#)
[Ver detalhes \[OA-PEC\]](#)
[Ver detalhes \[OA-CEC\]](#)
[Ver detalhes \[OA-ACCI\]](#)
[Ver detalhes \[OA-AVEE\]](#)

[Voltar às instruções gerais](#)

Fonte: O autor.

No Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE, buscou-se analisar os pontos em que a execução de um determinado empreendimento, com suas especificidades, é vantajosa ou não ao investidor. Para isso, emprega-se uma aplicação que vincula requisitos de viabilidade de execução do empreendimento a recursos tridimensionais para diminuir a abstração do conteúdo, pois devido a existência de diversos critérios de viabilidade, os quais muitas vezes são complexos de serem analisados, aliado a falta de experiência profissional de discentes, torna-se difícil o entendimento do aluno ao estudar este conteúdo.

Devido a isto, recomenda-se que antes de escolher os requisitos de viabilidade, os alunos devam conhecer todo o embase teórico dos conceitos, para que seja adequada a prévia seleção dos requisitos de viabilidade os quais se deseja avaliar, já que cabe ao investidor

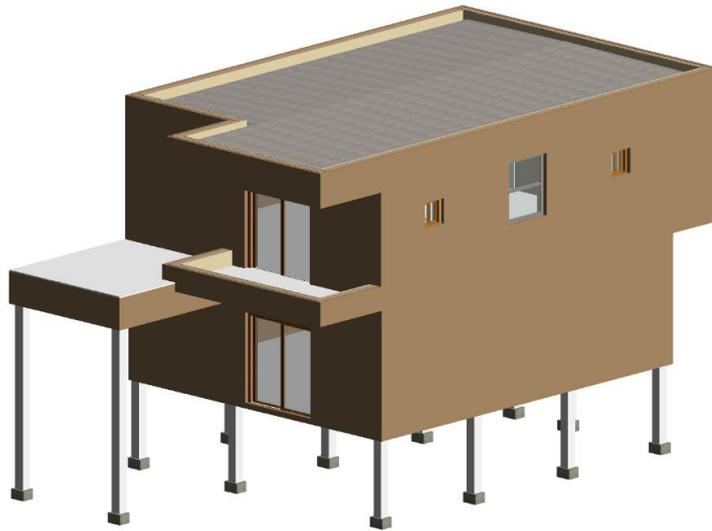
identificar quais dos critérios são mais importantes para decidir se a execução do empreendimento é viável ou não.

O passo a passo de utilização do Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE é apresentado a seguir:

a) Apresentação do projeto compatibilizado em BIM

O projeto compatibilizado em BIM apresentado aos discentes se trata de um empreendimento fictício, de aproximadamente 201 m², composto por um pavimento térreo e um pavimento superior. O projeto arquitetônico é apresentado através das Figuras 76 e 77.

Figura 76 – Projeto compatibilizado em BIM – Vista Nordeste



Fonte: O autor.

Figura 77 – Projeto compatibilizado em BIM – Vista Sudeste

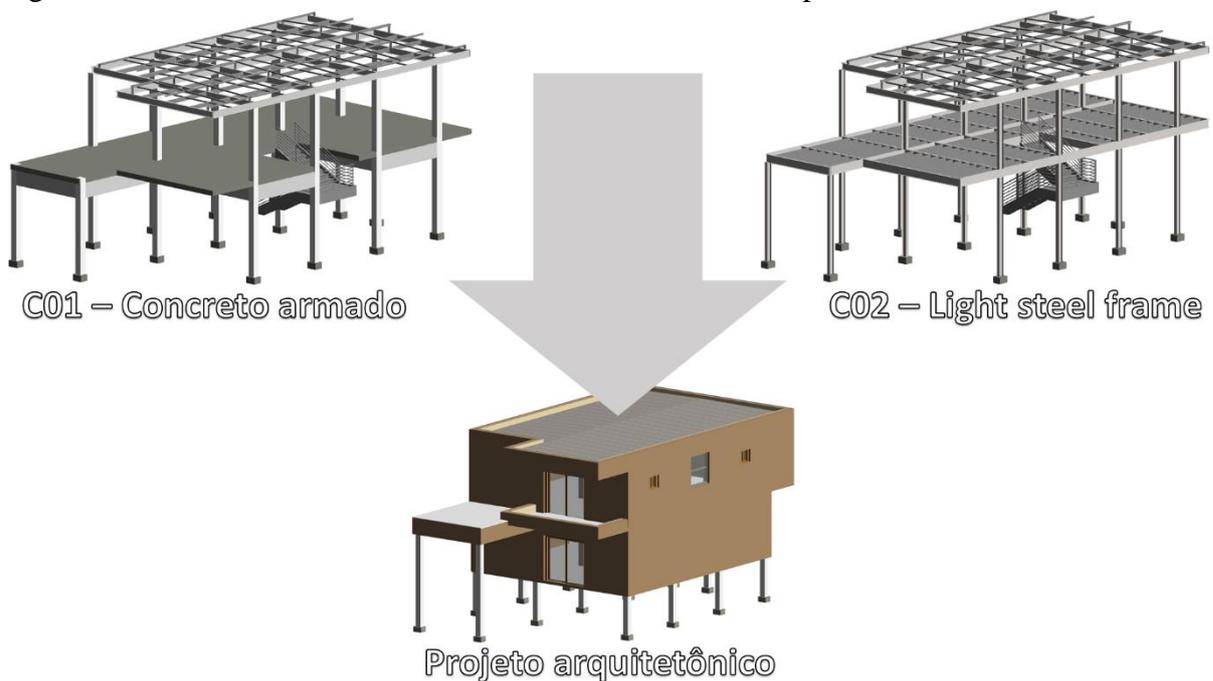


Fonte: O autor.

b) Simulação da construção

Para analisar a viabilidade de execução do empreendimento, optou-se por realizar uma simulação da construção de dois sistemas estruturais diferentes: concreto armado e *light steel frame*, analisando principalmente suas vantagens e desvantagens em relação ao custo de execução, ao tempo empreendido e ao fluxo de caixa. A Figura 78 apresenta os dois cenários para a execução do projeto, o qual C01 corresponde ao sistema estrutural de concreto armado e C02 corresponde ao sistema estrutural *light steel frame*.

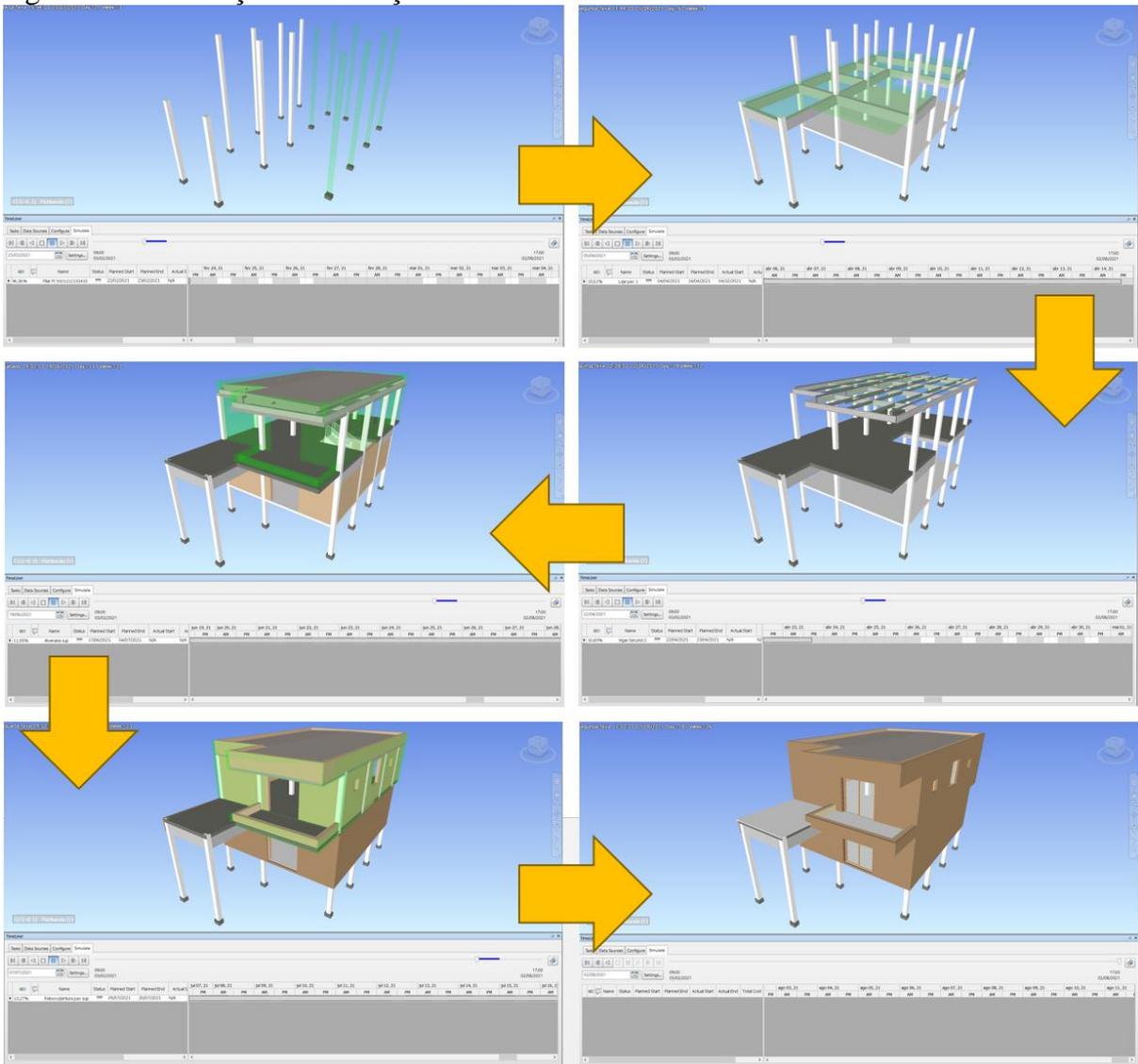
Figura 78 – Cenários relacionados ao sistema estrutural do empreendimento



Fonte: O autor.

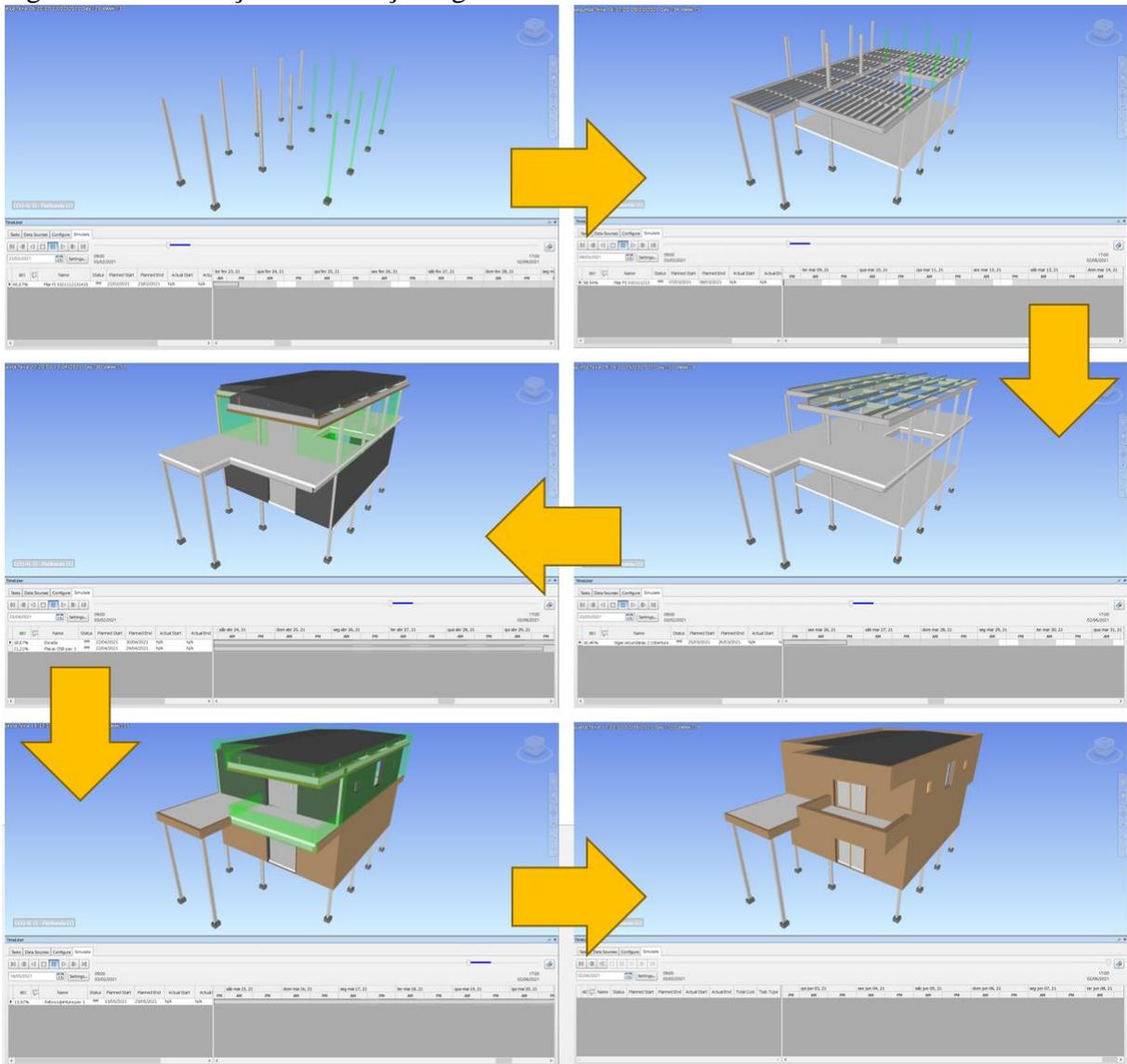
Por meio das simulações é possível visualizar a realização das atividades da obra ao longo da linha de tempo que envolve o planejamento de execução do empreendimento. As simulações para os dois sistemas estruturais podem ser vistas nas Figuras 79 e 80, respectivamente para concreto armado e *light steel frame*.

Figura 79 – Simulação de execução concreto armado



Fonte: O autor.

Figura 80 – Simulação de execução light steel frame



Fonte: O autor.

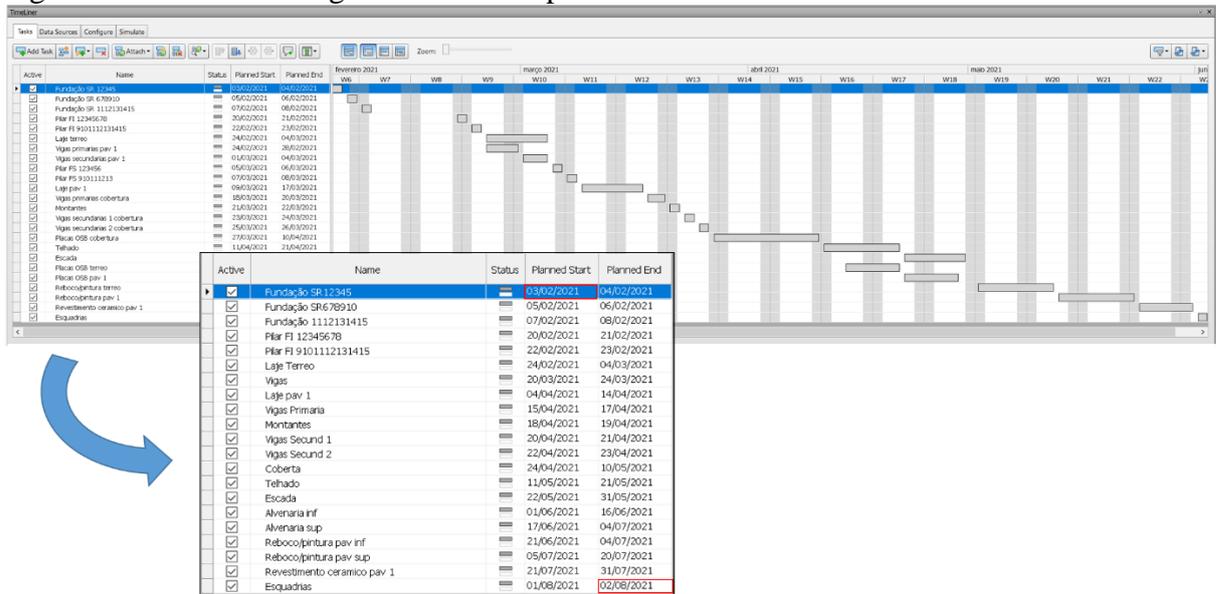
c) Análise de execução dos cenários propostos

Em relação ao custo de execução de um sobrado com acabamentos de médio-padrão, constatou-se que o preço médio para o sistema concreto armado em 2021 era de cerca de R\$ 1.500,00/m² por metro quadrado de construção (CASA E CONSTRUÇÃO, 2021). Dessa forma, para um projeto de 201 m², estima-se um custo total material de R\$ 301.500,00. Já em relação ao custo de execução da estrutura de *light steel frame*, constatou-se um valor médio de R\$ 1.750,00/m² por metro quadrado no período considerado (CASA E CONSTRUÇÃO, 2021), resultando em um custo total de R\$ 351.750 para o mesmo projeto. A razão para que obras em *light steel frame* sejam mais onerosas do que em concreto armado se deve muitas vezes, além do custo material ser maior, à maior especialização da mão-de-obra utilizada. Realizando a

diferença entre o custo de execução para os dois sistemas calculados, nota-se que o sistema estrutural *light steel frame* custa 16,67% a mais do que o de concreto armado para o período analisado (valor absoluto de R\$ 50.250,00).

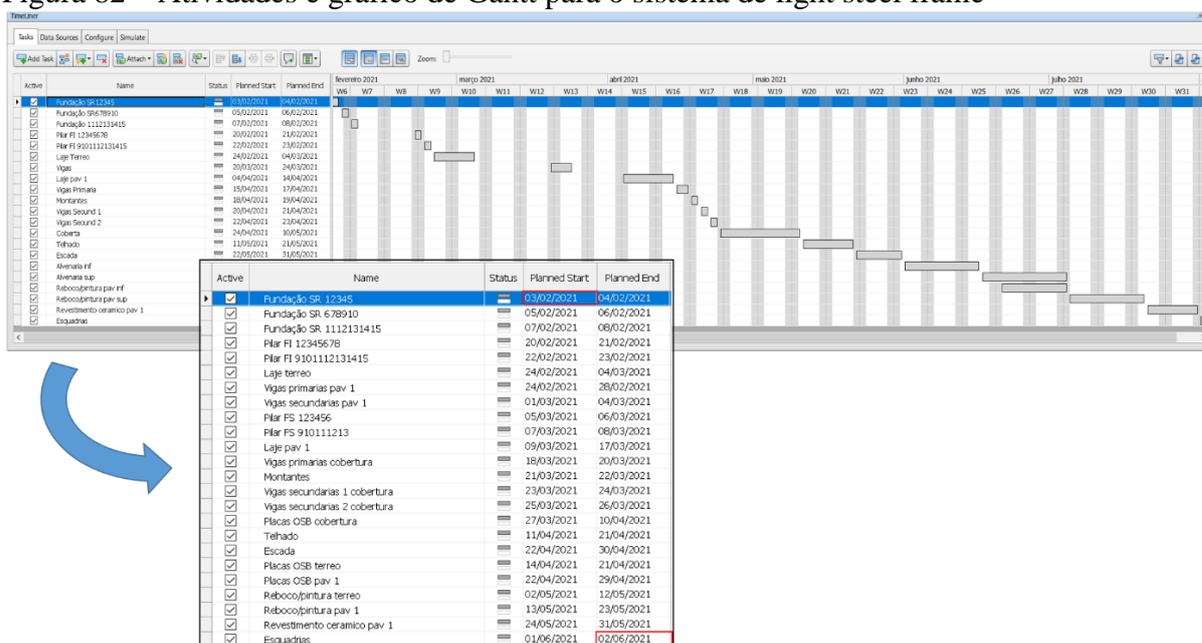
Quanto ao tempo de execução, comparando-se os dois sistemas, percebe-se que obras em *light steel frame* tendem a ser até três vezes mais rápidas do que em concreto armado (MÓDULO SEQUÊNCIA, 2021; TECNOFRAME, 2021). Nota-se que no projeto trabalhado, a execução do sistema estrutural de *light steel frame* leva cerca de 4 meses para ser concluída, enquanto o de concreto armado leva cerca de 6 meses para ser finalizado. As atividades e o gráfico de Gantt para a execução das atividades dos dois sistemas estruturais comentados são apresentadas nas Figuras 81 e 82.

Figura 81 – Atividades e gráfico de Gantt para o sistema de concreto armado



Fonte: O autor.

Figura 82 – Atividades e gráfico de Gantt para o sistema de light steel frame



Fonte: O autor.

Nota-se então que para a escolha do cenário de execução mais adequado ao empreendimento, deve-se identificar inicialmente qual o tipo de construção. Se for necessária que a construção seja executada de maneira mais rápida, como muitos dos empreendimentos comerciais, que visam proporcionar retorno mais rápido ao investidor, provavelmente se opta por utilizar a opção do sistema *light steel frame*, apesar de ser um sistema estrutural mais oneroso. No entanto, se a construção não necessitar ser concluída de forma mais rápida, provavelmente seja interessante utilizar o sistema estrutural de concreto armado, já que representa um custo de construção menor quando comparado ao *light steel frame*.

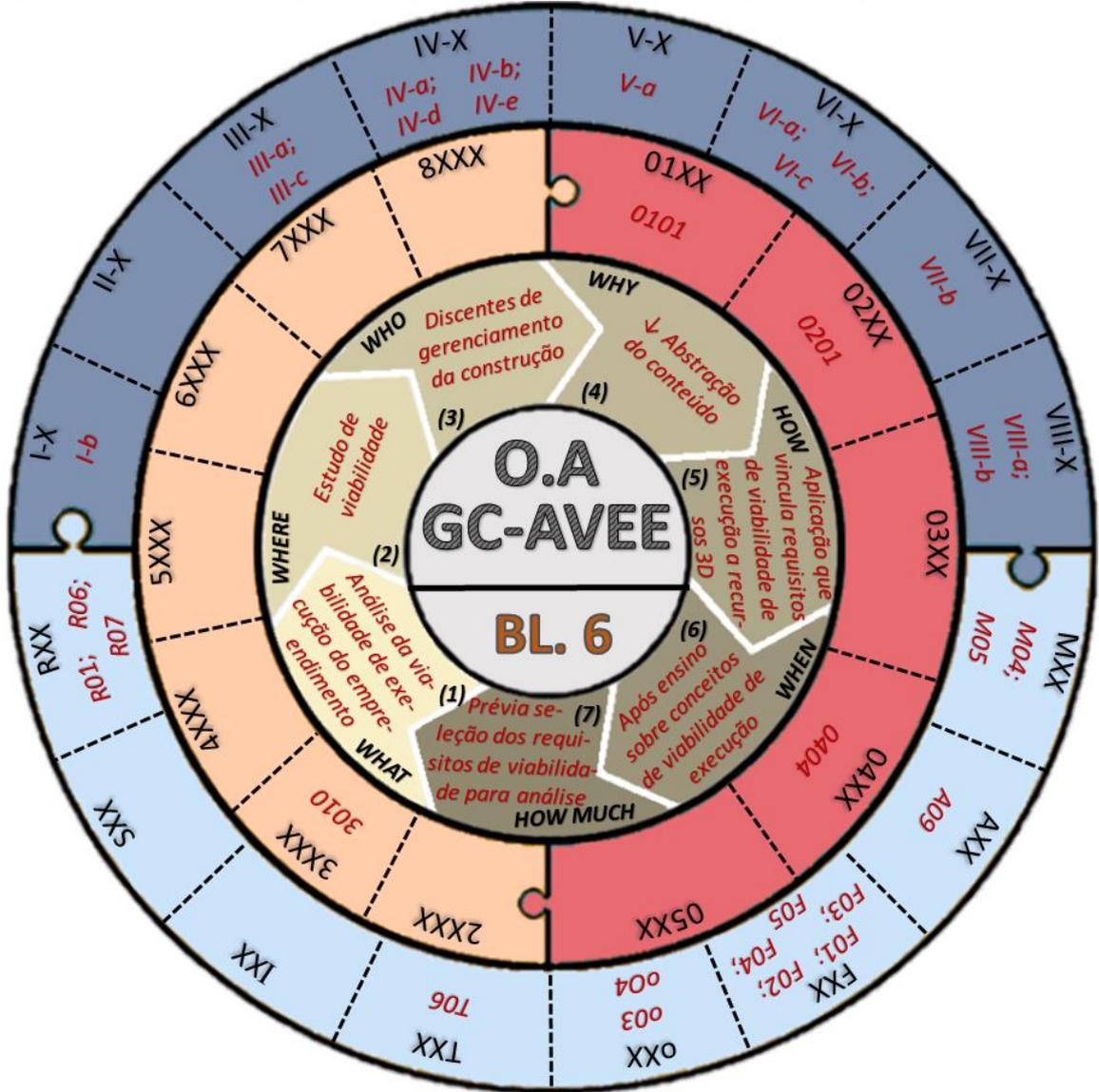
Os arquivos utilizados no desenvolvimento do referido Objeto de Aprendizagem BIM podem ser encontrados e baixados através dos links apresentados no Apêndice F.

4.2.5.2 Vinculação do Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE à bússola de aprendizagem

Ao observar a bússola de aprendizagem voltada ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE, nota-se a existência de diversos códigos selecionados dos quadros das competências, dos usos, dos propósitos e do nível cognitivo de Bloom (Figura 83). A seleção destes códigos também ocorreu por meio de uma análise de percepção, onde se identificou quais deles se relacionavam a este objeto de aprendizagem.

Os códigos são explicados através de um quadro interativo (Figura 84), também utilizando o recurso “comentários” do Excel, com o objetivo de facilitar a leitura para o usuário.

Figura 83 – Bússola de Aprendizagem voltada ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE



Fonte: O autor.

Figura 84 – Competências, usos e propósitos do Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE

LEITURA DINÂMICA DAS COMPETÊNCIAS E USOS				
Instruções: posicione o mouse aqui				
Comp./ Hab.		Comp. BIM	Propósitos BIM	Usos do modelo
I	b (+)	M 04 (+)	01 01 (+)	3010 (+)
III	a (+)	05 (+)	02 01 (+)	
	c (+)	A 09 (+)	04 04 (+)	
IV	a (+)			
	b (+)			
	d (+)	F 03 (+)		
	e (+)	04 (+)		
V	a (+)	05 (+)		
VI	a (+)	o 03 (+)		
	b (+)	04 (+)		
	c (+)	T 06 (+)		
VI	b (+)	01 (+)		
VII	a (+)	R 06 (+)		
	b (+)	07 (+)		

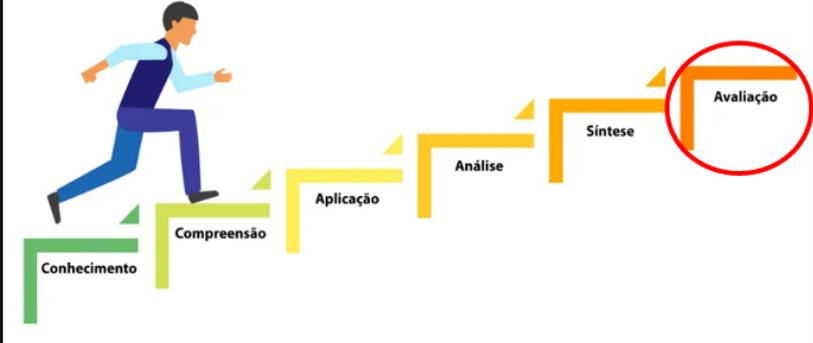
Fonte: O autor.

O mesmo processo pode ser observado para o nível cognitivo da taxonomia de Bloom (Figura 85). De acordo com a esta figura, nota-se que o nível cognitivo “Conhecimento” é atingido ao aluno incorporar conteúdos previamente aprendidos em disciplinas que são pré-requisitos a disciplinas de Gerenciamento da Construção, mas que possuem fundamental importância para sua aprendizagem, por exemplo, leitura e análise de projetos, análise de sistemas construtivos, execução de serviços de engenharia, etc. O nível cognitivo “Compreensão” também é atingido devido se perceber que a partir de conceitos previamente aprendidos os alunos são capazes de relacionar tais informações a novos conhecimentos, como o estudo de viabilidade de execução de um empreendimento. O nível cognitivo “Aplicação” é atingido devido ao uso de aplicações práticas que permitem concretizar a aprendizagem dos conteúdos trabalhados, como aplicações BIM simulando a execução através da construção virtual do empreendimento, tornando mais fácil a visualização do sequenciamento das atividades da obra, dos seus custos e de seu tempo de execução. O nível cognitivo “Análise” também é atingido após os discentes analisarem a viabilidade de execução dos cenários propostos, de acordo com os requisitos de viabilidade previamente definidos. O nível cognitivo “Síntese” é atingido após sintetizar toda a informação obtida, entre a definição de prazos e de custos das soluções (ou cenários) apresentados. Finalmente, o nível “avaliação” também é atingido quando discentes se tornam capazes de estabelecerem relações entre todo o processo,

por exemplo, através da análise de custos do projeto e do planejamento da execução da obra, pode-se montar o fluxo de caixa e avaliar a viabilidade de execução do empreendimento, determinando se a obra é viável de ser executada ou não.

Figura 85 – Nível da Taxonomia de Bloom do Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE

Nível Tx. Bloom	6 Avaliação
<u>Detalhes</u>	Traz referência à habilidade de fazer julgamentos de valor sobre algo, considerando critérios conhecidos.
<u>Relacionamento do nível de Bloom à área de GCC</u>	O nível “avaliação” é atingido quando discentes se tornam capazes de estabelecerem relações entre todo o processo. Por exemplo, através da análise de custos do projeto e do planejamento da execução da obra, pode-se avaliar a viabilidade de um empreendimento, determinando se a obra é viável de ser executada ou não.



Fonte: O autor.

4.2.5.3 Análise das competências e dos usos relacionados ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE

Assim como fora comentado, as competências, os usos e o propósitos foram selecionados através dos respectivos quadros apresentados no capítulo de Revisão Bibliográfica. A seleção destes ocorreu por meio de uma análise de percepção, onde se identificou quais se relacionavam ao objeto de aprendizagem apresentado.

a) Competências e habilidades DCNs

O Quadro 63 apresenta as competências e habilidades das DCNs possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE.

Quadro 63 – Competências e habilidades das DCNs possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE por competências e habilidades das DCNs		
Comp.	Hab.	Função
I	b	Ensina discentes a realizarem o estudo de viabilidade de forma precisa, buscando orientar investidores sobre a viabilidade de execução da obra.
III	a	Ensina discentes a realizarem o estudo de viabilidade utilizando recursos da Tecnologia da Informação, de forma a proporcionar maior facilidade de entendimento na análise dos cenários simulados.
	c	Ensina discentes a supervisionarem ou controlarem os custos de execução das atividades da obra.
IV	a	Estimula discentes a realizarem um estudo de viabilidade adequado da obra, analisando os prazos, os custos e o fluxo de caixa, a fim de proporcionar exequibilidade da obra.
	b	Estimula discentes a gerirem os cenários os quais serão simulados, tanto em relação aos materiais utilizados, como em referência à mão-de-obra, a fim de que se identifique o cenário mais viável em termos de execução da obra.
	d	Estimula discentes a assumirem postura empreendedora no momento de propor soluções de engenharia. Aproximando tal conceito à área de estudo de viabilidade, os alunos podem buscar gerar soluções otimizadas, por meio de recursos da Tecnologia da Informação para garantir eficácia e segurança ao processo.
	e	Indica aos discentes os benefícios que os recursos provenientes da Tecnologia da Informação oferecem ao estudo de viabilidade, sob a ótica econômica (ao identificar a solução mais viável economicamente), legal (ao tornar mais fácil o cumprimento dos prazos simulados e posteriormente prometidos nos contratos), social (ao atender mais facilmente necessidades dos investidores), e ambiental (ao conseguir visualizar o cenário mais sustentável ambientalmente).
V	a	Treina discentes para que se expressem de maneira adequada, de forma oral ou escrita, através de termos técnicos inerentes à sua área de atuação.
VI	a	Incentiva discentes a trabalharem em grupos, presencialmente ou de forma remota, de maneira integrada e colaborativa.
	b	Estimula a integração de discentes com outros de diferentes cursos ou universidades, de forma a trocar experiências sobre estudo de viabilidade, em seus diversos aspectos.
	c	Incentiva discentes a assumirem postura de liderança para a realização do estudo de viabilidade da obra, avaliando os cenários simulados com o intuito de garantir a viabilidade financeira da execução do empreendimento.
VII	b	Indica aos discentes a necessidade de compreenderem toda a legislação que envolve a realização de uma obra, atuando de maneira ética sob as esferas social e ambiental.
VIII	a	Mostra aos discentes meios que facilitem a aprendizagem, como a utilização de recursos da Tecnologia da Informação para o estudo de viabilidade da obra, com o intuito de facilitar a compreensão dos cenários diante de sua complexidade, analisando prazos e custos de maneira eficiente e segura.
	b	Incentiva discentes a conhecerem/dissemინarem experiências em relação ao estudo de viabilidade de obras, relatando casos de sucesso ou vivências insatisfatórias, buscando por conhecimento através de diferentes fontes, quer seja por meio de pesquisas, congressos, aproximações com profissionais da área de atuação, especialistas, etc.

Fonte: O autor.

b) Competências BIM

Os Quadros 64 a 69 apresentam as competências BIM orientadas ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE. Tais competências indicam as qualificações que os discentes devem obter para estarem aptos a atuarem como decisor, ao realizar principalmente atividades relacionadas à escolha do sistema construtivo mais adequado para cada situação-problema.

Quadro 64 – Competências Gerenciais do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE por Competências Gerenciais do BIM		
Código	Competência	Função
M04	Gestão organizacional	Incentiva discentes à busca pela melhoria contínua de utilização do fluxo de trabalho BIM.
M05	Desenvolvimento de negócios e gestão de clientes	Incentiva discentes, atuando como engenheiros, a buscarem maximizar o resultado alcançado pela empresa e por seus clientes. Por exemplo, através da otimização do fluxo de trabalho BIM para o estudo de viabilidade da obra, buscar-se-á por resultados cada vez melhores em relação ao tempo empreendido, bem como por maior segurança e transparência das informações obtidas. Como consequência, o resultado da empresa e de seus clientes será maximizado, beneficiando ambos os envolvidos.

Fonte: O autor.

Quadro 65 – Competências Administrativas do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE por Competências Administrativas do BIM		
Código	Competência	Função
A09	Gestão da qualidade	Incentiva discentes a gerirem a qualidade das informações obtidas ao longo do estudo de viabilidade, tais como a proposição de cenários distintos de execução, sua simulação, e a análise do mais viável em termos de custos, tempo empreendido e fluxo de caixa, com o objetivo de conter informações íntegras (sem apresentar erros).

Fonte: O autor.

Quadro 66 – Competências Funcionais do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE por Competências Funcionais do BIM		
Código	Competência	Função
F01	Funcionamento básico	Incentiva discentes a planejarem os resultados esperados oriundos de sua atuação ao utilizar o fluxo de trabalho BIM.
F02	Colaboração	Incentiva discentes a trabalharem com projetos compatibilizados em BIM, com a finalidade de garantir a integridade do fluxo de trabalho BIM, sem ocasionar perdas de informação, e do trabalho colaborativo.
F03	Facilitação	Incentiva discentes a buscarem integrar os stakeholders do empreendimento, com o intuito de que desenvolvam projetos em BIM, de maneira compatibilizada, conferindo maior celeridade e segurança em relação à troca de informações entre os profissionais envolvidos.
F04	Gerenciamento de projetos	Incentiva discentes a gerenciarem os projetos recebidos das diferentes disciplinas dos stakeholders para garantir integridade do fluxo de trabalho BIM para seus clientes e envolvidos com as próximas atividades do processo de construção do empreendimento.
F05	Gerenciamento de equipes e do fluxo de trabalho	Incentiva discentes a gerenciarem não apenas os projetos recebidos das diferentes disciplinas dos stakeholders, mas também a comunicação entre toda a equipe envolvida, com o intuito de garantir integridade e segurança em relação ao fluxo de trabalho BIM.

Fonte: O autor.

Quadro 67 – Competências Operacionais do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE por Competências Operacionais do BIM		
Código	Competência	Função
o03	Planejamento e projeção	Incentiva discentes a utilizarem ferramentas BIM para projetarem diversos cenários de execução do empreendimento.
o04	Simulação e quantificação	Incentiva discentes a utilizarem ferramentas BIM para simularem os cenários propostos para a identificação do mais viável em termos de custos, tempo empreendido e fluxo de caixa.

Fonte: O autor.

Quadro 68 – Competências Técnicas do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE por Competências Técnicas do BIM		
Código	Competência	Função
T06	Apresentação e animação	Incentiva discentes a gerarem renders e animações que permitam visualizar a execução da obra em diversos cenários ao longo da linha do tempo, facilitando a identificação do mais viável em termos de custos, tempo empreendido e fluxo de caixa.

Fonte: O autor.

Quadro 69 – Competências P&D do BIM possíveis de serem desenvolvidas pelo Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE por Competências P&D do BIM		
Código	Competência	Função
R01	Pesquisa e desenvolvimento geral	Incentiva discentes a se atualizarem constantemente no mercado, usufruindo amplamente das tecnologias BIM desenvolvidas pelas empresas fabricantes de software, focando em um processo de melhorias contínuas.
R06	Pesquisa e análise	Incentiva discentes a participarem de pesquisas acadêmicas e eventos, como congressos, que o estimulem a conhecer novos métodos, que sejam mais eficientes, para a realização de suas atividades.
R07	Engajamento industrial e compartilhamento de conhecimento	Semelhante a R06, no entanto, com o foco voltado à indústria, com a participação de discentes em workshops e seminários, por exemplo.

Fonte: O autor.

c) Propósitos do BIM

O Quadro 70 apresenta os propósitos do BIM orientados ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE.

Quadro 70 – Propósitos do BIM voltados ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE por propósitos do BIM		
Uso BIM		Função
01	01	Uso do BIM relacionado a utilização de recursos tridimensionais, os quais permitem representar cenários de execução do empreendimento, visualizando com maior facilidade a execução sequenciada das atividades da obra de acordo com o seu cronograma e outras especificidades.
02	01	Uso do BIM relacionado ao estudo de viabilidade da obra, simulando cenários de sua execução através da escolha de elementos específicos que integram a edificação e da análise das necessidades dos clientes.
04	04	Uso do BIM relacionado à simulação da construção da edificação, analisando sua viabilidade, registrando informações necessárias para especificar precisamente os seus elementos.

Fonte: O autor.

d) Usos do Modelo

O Quadro 71 apresenta os usos do modelo orientados ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE. Este indica possíveis aplicações do BIM voltadas ao respectivo objeto de aprendizagem BIM.

Quadro 71 – Usos do Modelo voltados ao Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE

Função do Objeto de Aprendizagem BIM GC-AVEE pelos Usos do Modelo	
Cód.	Função
3010	Uso do BIM relacionado ao estudo de viabilidade da obra, propondo diferentes cenários de execução, simulando-os, e identificando o mais viável em termos de custos, de tempo empreendido e de fluxo de caixa.

Fonte: O autor.

4.3 Avaliação da ferramenta proposta

Conforme fora comentado na seção “3.4.4 – Avaliação”, a qual trata da metodologia de avaliação, os resultados são apresentados neste tópico embasados na seção supracitada. As informações sobre os docentes entrevistados, instituição de ensino e disciplinas lecionadas são mostradas no Quadro 72, já a avaliação dos critérios é apresentada no Quadro 73. Para finalizar, o Quadro 74 expõe informações complementares dadas pelos entrevistados sobre cada critério avaliado.

É importante perceber que melhorias contínuas foram sendo realizadas na ferramenta através de cada entrevista que se realizava, com intuito de aprimorar a apresentação da ferramenta para o entrevistado seguinte.

Quadro 72 – Informações gerais dos entrevistados

Docente	Instituição de ensino	Cidade	Disciplina
D1	UFBA	Salvador	Modelagem da Informação da Construção para Gestão
D2	Facens	Sorocaba	Modelos Performativos
D3	IFPR	Foz do Iguaçu	Planejamento e Orçamentação
D4	UFJF	Juiz de Fora	Tecnologias da Informação para Gerenciamento de Projetos e BIM
D5	UFF	Niterói	Orçamento de Empreendimentos
D6	UNB	Brasília	Planejamento e Controle de Construções

Fonte: O autor.

Quadro 73 – Avaliação dos entrevistados quanto aos critérios definidos

Docente	Critérios					Nota Final
	Leitura	Interatividade usuário-ferramenta	Entendimento	Aplicação	Completeness	
D1	1	1	1	1	1	7
D2	8	10	10	10	8	10
D3	8	10	10	10	8	10
D4	8	5	8	8	8	10
D5	6	6	6	5	3	6
D6	9	7	8	8	9	8

Fonte: O autor.

Quadro 74 – Comentários feitos pelos entrevistados quanto aos critérios definidos

Docentes	Leitura	Interatividade usuário-ferramenta	Entendimento	Aplicação	Completeness	Sugestões finais
D1	Inserir hiperlinks com vídeos-tutoriais curtos (O QUE? COMO? QUANDO?)	-	Incluir legenda de cores na figura da "bússola" de objetos de aprendizagem BIM	Talvez incluir hiperlink de vídeo curto explicando como e quando aplicar ou reaplicar a ferramenta.	Não considero completa pela limitação atual de objetos de aprendizagem.	Transformá-la num aplicativo para ios e android
D2	Primeira tela, ícones de detalhes, e manter comentários mas em highlights	-	-	-	pequenas revisões comentadas na entrevista	-
D3	-	-	Acredito que a ferramenta esta bem intuitiva	Acredito que a ferramenta ajudara o docente em sua atividade dando base a criterios de aplicação na disciplina	Acredito que ao final ela estará totalmente aplicavel	-
D4	Não houve tempo suficiente para realizar toda a leitura da ferramenta	Não houve tempo suficiente para interagir com a ferramenta	Uma interface nunca está 100% pronta, mas o que deu para ver ajuda na compreensão das instruções. Acredito que uma tela prévia com dicas básicas pode ajudar.	Entendo que se trata de uma ferramenta de planejamento didático e, portanto, restrita ao professor.	Uma demonstração tem sempre limitações, principalmente porque ela é feita em uma agenda limitada. Pelo que consegui ver, a ferramenta é abrangente e - entendo - para ser usada deverá ser personalizada de acordo com o contexto do planejamento.	Uma excelente ideia. Entendo que se trata de um protótipo que poderá melhorar muito em versões posteriores.
D5	Não dá para julgar de forma adequada a ferramenta neste quesito, pois de forma remota a apresentação ficou pequena não sendo possível ler o conteúdo ou visualizar de forma adequada as imagens. Deu para entender o contexto e ter noção do trabalho.	Acho que a avaliação teria sido mais interessante se encaminhada a ferramenta com um tutorial de uso para teste. Desta forma a resposta seria mais adequada.	Os conteúdos foram claros, quanto ao entendimento das instruções foi superficial.	Não dá para saber sem testar em sala de aula	Considero que sua utilização pode ser iniciada, mas necessitando ser complementada por outros objetos de aprendizagem BIM.	Na minha opinião cada conteúdo deveria ser melhor explorado antes de disponibilizar a ferramenta.
D6	-	-	-	-	-	-

Fonte: O autor.

Encerrando o processo de avaliação do trabalho, entende-se que a ferramenta desenvolvida é viável para ser aplicada no ensino de conteúdos de engenharia que se vinculam ao BIM, e não somente à área de Gerenciamento da Construção, já que esta trata de competências, usos e propósitos gerais voltados ao BIM, e de competências e habilidades voltadas à todos os cursos de engenharia.

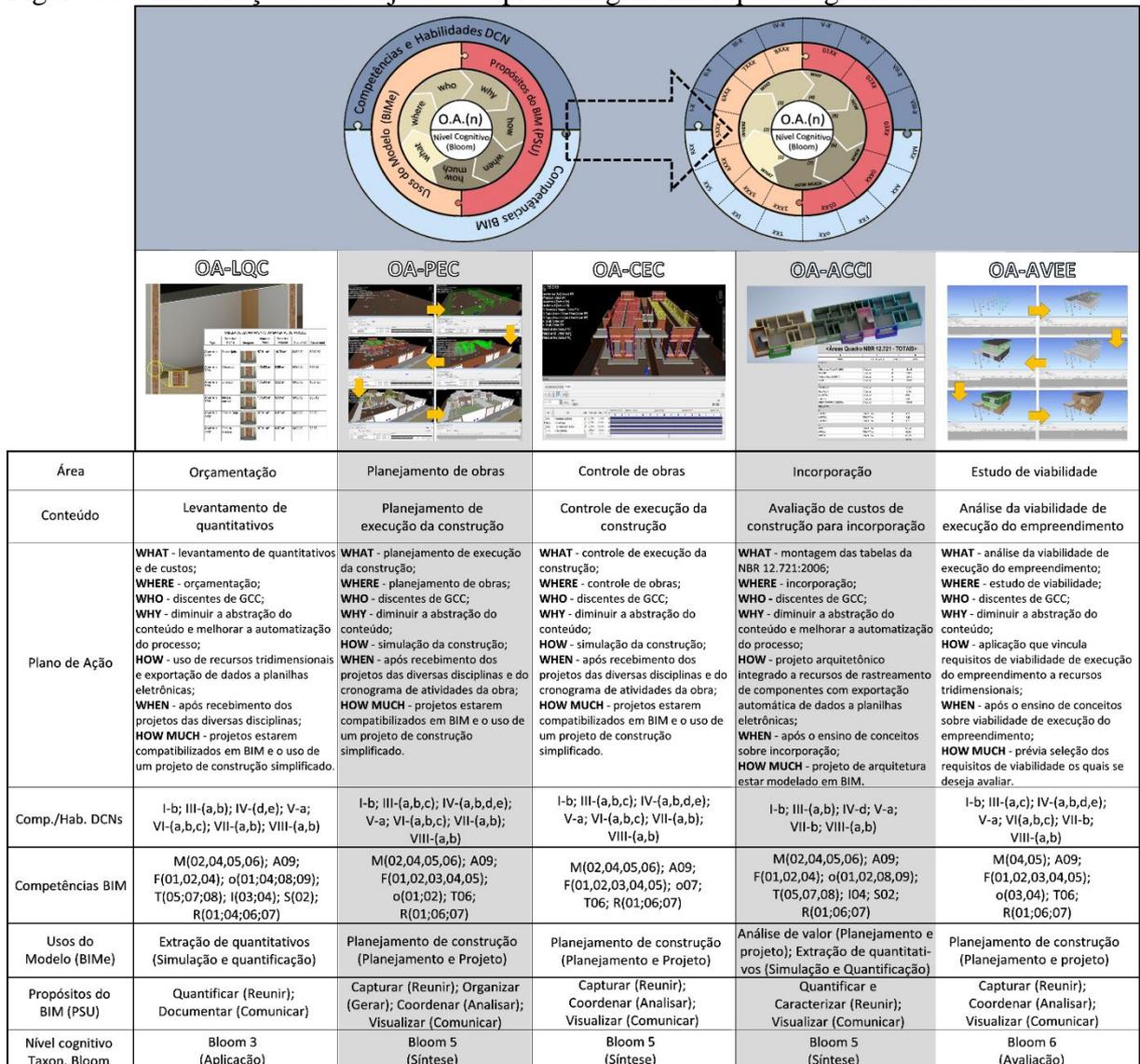
Como contribuições, em relação aos aspectos teóricos, foi obtida uma ferramenta teórica que pode ser aplicada e aprimorada por docentes de disciplinas de engenharia, como um todo, e como contribuições práticas, nota-se que o artefato desenvolvido pode facilitar a aprendizagem de conteúdos de engenharia pelos discentes, como de Gerenciamento da Construção, bem como facilitar o desenvolvimento de competências e habilidades essenciais à formação dos alunos.

4.4 Síntese

A Figura 86 apresenta sinteticamente as informações dos cinco objetos de aprendizagem BIM que integram a ferramenta desenvolvida. Tais informações levam em consideração as áreas e os conteúdos trabalhados, o plano de ação, as competências e habilidades das DCNs, as competências do BIM, os usos do modelo, os propósitos do BIM e os níveis cognitivos de Bloom.

Os arquivos utilizados no desenvolvimento dos Objetos de Aprendizagem BIM apresentados, bem como a ferramenta desenvolvida, podem ser encontrados e baixados através dos links apresentados no Apêndice F.

Figura 86 – Informações dos objetos de aprendizagem BIM que integram a ferramenta



Fonte: O autor.

5 CONCLUSÃO

No Capítulo 5 do trabalho são relatadas as lições aprendidas do estudo, expondo os objetivos da pesquisa atingidos e indicando quais foram seus fatores limitantes, com o intuito de incentivar o desenvolvimento de novas pesquisas que possam vir a aprimorar o modelo desenvolvido.

5.1 Lições aprendidas

Confirmou-se que a utilização do BIM, como uma ferramenta pedagógica, é capaz de auxiliar alunos a entenderem a complexidade dos projetos de construção (BOON, PRIGG, 2011; PIKAS, SACKS, HAZZAN, 2013). Apesar do BIM ser amplamente explorado em alguns assuntos, como em modelagem tridimensional, foi possível explorar seu grande potencial de aplicação na área de Gerenciamento da Construção (BECERIK-GERBER; GERBER; KU, 2011), proporcionando uma maior integração entre ensino, desenvolvimento de competências e habilidades em discentes e uso de recursos tecnológicos, algo tão demandado pelo mercado de trabalho atualmente.

5.2 Coerência à metodologia apresentada

Ao interpretar as características apresentadas da DSR no Quadro 12, percebe-se que o trabalho foi desenvolvido coerentemente com a metodologia escolhida. O Quadro 75 indica o relacionamento entre as características da DSR apresentadas e o trabalho desenvolvido.

Quadro 75 – Relacionamento entre as características da DSR e o trabalho desenvolvido

Características da DSR	Descrição
Pragmatismo	Busca trazer contribuições teóricas que possam ser aplicadas ao ensino de conteúdos de engenharia, facilitando seu entendimento e desenvolvimento de competências e habilidades em discentes através de uma ferramenta proposta para ser aplicada na prática.
Rigor da pesquisa	Segue a lógica definida através das etapas do método DSR, entre identificação do problema, sugestões, desenvolvimento do artefato, avaliação e conclusão.
Flexibilidade e interatividade dos processos	Nota-se participação clara do pesquisador no contexto em que se está realizando a pesquisa, como na aplicação do método ABPj na disciplina de GCC I/UFC para a validação dos objetos de aprendizagem BIM propostos, demonstrando assim ser um processo interativo.
Processo de elaboração do artefato	Através de dificuldades de aprendizagem de discentes em relação a conteúdos de Gerenciamento da Construção, buscou-se elaborar uma ferramenta em forma de planilha eletrônica o qual pudesse vincular objetos de aprendizagem BIM desenvolvidos a competências e habilidades, usos do modelo, propósitos do BIM e níveis cognitivos da taxonomia de Bloom, instruindo os usuários da ferramenta através da bússola de aprendizagem.

Continuação do Quadro 75 – Relacionamento entre as características da DSR e o trabalho desenvolvido

Características da DSR	Descrição
Avaliação das contribuições do artefato	Através da apresentação da ferramenta aos usuários (docentes), buscou-se avaliar se a ferramenta desenvolvida estava adequada para ser aplicada na prática em busca de diminuir ou solucionar o problema identificado no início da pesquisa.
Contribuição	A pesquisa procurou documentar todo o processo de desenvolvimento, uso e avaliação do artefato. Quanto às contribuições teóricas, entende-se que a ferramenta proposta está pronta para ser aplicada, mas também deve ser aprimorada por docentes de disciplinas de Gerenciamento da Construção, e como contribuições práticas, entende-se que o artefato desenvolvido é capaz de contribuir à aprendizagem dos conteúdos de engenharia que se relacionam ao BIM, contribuindo ao desenvolvimento de competências e habilidades em discentes.

Fonte: O autor.

5.3 Coerência aos objetivos propostos

Como objetivo geral proposto para este trabalho, propôs-se uma ferramenta de planejamento do ensino-aprendizagem de conteúdos de engenharia auxiliada pelo BIM, voltando-se ao desenvolvimento de competências e habilidades de discentes. Para atingir tal objetivo, o trabalho foi dividido em quatro objetivos específicos.

O primeiro objetivo específico do trabalho foi cumprido após terem sido identificadas as dificuldades de aprendizagem de discentes em relação aos conteúdos de Gerenciamento da Construção. Em orçamentação, a dificuldade que mais chamou atenção foi em relação ao levantamento de quantitativos. Em planejamento e controle de obras, as maiores dificuldades encontradas foram referentes à linha de balanço, ao diagrama PERT/CPM, e ao diagrama de blocos/precedências. Em incorporação, a dificuldade de maior frequência encontrada foi em relação à montagem das tabelas da NBR 12.721:2006. Finalmente, em estudo de viabilidade, a maior dificuldade encontrada foi em análise da viabilidade do empreendimento.

O segundo objetivo específico foi cumprido após o desenvolvimento de cinco objetos de aprendizagem BIM, voltados a orçamentação, planejamento, controle, incorporação e estudo de viabilidade, elaborados com o intuito de diminuir as dificuldades de aprendizagem identificadas através de potenciais aplicações das ferramentas BIM.

Por fim, o terceiro objetivo específico foi cumprido após realizar a integração entre os objetos de aprendizagem BIM propostos às competências e habilidades das DCNs, às competências BIM, aos usos do modelo, aos propósitos do BIM e ao nível cognitivo da taxonomia de Bloom.

5.4 Limitações da pesquisa

Apesar de pressupor que o BIM pode contribuir para a aprendizagem de conteúdos de engenharia, tal como indicado por alguns autores nos capítulos iniciais deste trabalho, o mesmo possui como limitação de pesquisa o fato de não ter apresentado uma avaliação quanto ao emprego de objetos de aprendizagem BIM desenvolvidos para mensurar a redução das dificuldades de aprendizagem identificadas.

Além disso, sabe-se que o BIM pode ser trabalhado em diversos conteúdos de Engenharia e de Arquitetura e Urbanismo, por exemplo, no entanto a ferramenta proposta tem ainda como limitação a delimitação do campo de sua integração à área de Gerenciamento de Construção.

Por fim, como última limitação indicada para este trabalho, nota-se a pequena quantidade de objetos de aprendizagem BIM desenvolvidos, necessitando que novos objetos de aprendizagem BIM venham a ser desenvolvidos para que a ferramenta consiga ser utilizada de forma ampla e eficiente por docentes de todo o Brasil, possibilitando que os objetos de aprendizagem BIM desenvolvidos integrem um grande banco de dados, o qual o usuário, principalmente o docente, possa escolher os que possuem interesse em utilizar no ensino dos conteúdos das disciplinas as quais lecionam.

5.5 Sugestões de trabalhos futuros

Como sugestões para trabalhos futuros, citam-se:

- a) Extensão da pesquisa a outras áreas da engenharia que possam ser integradas ao BIM, além de Gerenciamento da Construção;
- b) Ampliação da pesquisa a outros cursos de graduação, como Arquitetura e Urbanismo, Design de Interiores, Engenharia Ambiental, Engenharia Mecânica, Engenharia Elétrica, entre outros, integrando a ferramenta proposta a competências e habilidades das Diretrizes Curriculares Nacionais dos cursos sugeridos;
- c) Desenvolvimento de novos objetos de aprendizagem BIM voltados a conteúdos que possam ser vinculados ao BIM;

- d) Avaliação do impacto dos objetos de aprendizagem BIM na aprendizagem de conteúdos trabalhados na graduação, bem como na redução de dificuldades de aprendizagem;
- e) Desenvolvimento de versões aprimoradas da interface gráfica da ferramenta bem como desenvolvimento de uma plataforma colaborativa para o uso da ferramenta.

REFERÊNCIAS

ABBAS, Ali; DIN, Zia Ud; FAROOQUI, Rizwan. Integration of BIM in Construction Management Education: An Overview of Pakistani Engineering Universities. **Procedia Engineering**, v. 145, p. 151-157, 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.034>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANTENEDORAS DE ENSINO SUPERIOR. Resolução nº 2, de 24 de abril de 2019. **Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia**. Brasília, DF: Abmes, p. 1-7.

AVILA, A. V.; LIBRELOTTO, L.; LOPES, O. C. **Orçamento de Obras - Construção civil**. Florianópolis: Universidade do Sul de Santa Catarina: 67 p. 2003.

AZHAR, Salman; CARLTON, Wade A.; OLSEN, Darren; AHMAD, Irtishad. Building Information Modeling for Sustainable Design and LEED Rating Analysis. **Automation In Construction**, v. 20, n. 2, p. 217-224, mar. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2010.09.019>.

BALLARD, G. **Lookahead Planning**: The Missing Link in Production Control. In: Tucker, S. N., ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 5. Gold Coast, Australia, 16-17 Jul 1997. p 13-26.

BALLARD, G. **The last planner**. In Proceedings of the Spring Conference Northern California Construction Institute Publication. Monterey: Lean Construction Institute. 1994. Recuperado em 01 dezembro de 2014, de http://www.leanconstruction.dk/media/18187/The_Last_Planner_.pdf

BARISON, Maria Bernardete. **Introdução de modelagem da informação da construção (BIM) no currículo**: uma contribuição para a formação do projetista. 2015. 390 f. Doutorado em Engenharia Civil. Instituição de Ensino: Universidade de São Paulo, São Paulo Biblioteca Depositária: Biblioteca Central, Nacional e Engenharia Civil.

BARISON, Maria Bernadete; SANTOS, Eduardo Toledo. **An overview of BIM specialists**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTING IN CIVIL AND BUILDING ENGINEERING, 2010, Nottingham. p. 141-146.

BARROS, Aidil J. da S.; LEHFELD, Neide Aparecida de S. **Fundamentos de metodologia científica**. 3. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

BECERIK-GERBER, Burcin; GERBER, David J.; KU, Kihong. The pace of technological innovation in architecture, engineering, and construction education: Integrating recent trends into the curricula. **Journal Of Information Technology In Construction (ITcon)**. p. 411-432. fev. 2011.

BECKER, Timothy C.; JASELSKIS, Edward J; MCDERMOTT, Cory P. **Implications of Construction Industry Trends on the Educational Requirements for Future Construction Professionals**. In: ASC ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE, 47., 2011, Omaha.

BERARDI, Umberto. Sustainability Assessment in the Construction Sector: Rating Systems and Rated Buildings. **Sustainable Development**, v. 20, n. 6, p. 411-424, 26 set. 2011. John Wiley & Sons. <http://dx.doi.org/10.1002/sd.532>.

BERNAL, Carolina M. Rodriguez. Student-centred strategies to integrate theoretical knowledge into project development within architectural technology lecture-based modules. **Architectural Engineering And Design Management**, v. 13, n. 3, p. 223-242, 20 set. 2016. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/17452007.2016.1230535>.

BERNARDES, M. M. S. **Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para empresas de construção**. 2001. 310 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

BIMe INITIATIVE (comp.). **Competency Table**. 201in. 2020. V. 2.1. Disponível em: bimexcellence.org. Acesso em: 01 jul. 2020.

BLOOM, B. et al. **Taxonomia dos objetivos educacionais**: domínio cognitivo. Porto Alegre: Globo, 1983.

BONDUELLE, G. M. **Gestão da qualidade total para a produção florestal**. Curitiba: UFPR/PECCA, 2006. 255 p. Apostila do Curso de Especialização a Distância em Gestão Florestal.

BOON, John; PRIGG, Chris. Releasing the potential of BIM in construction education. In: **Management and Innovation for a Sustainable Built Environment**, 2011, Amsterdam.

BOZOGLU, Julide. Collaboration and coordination learning modules for BIM education. **Journal of Information Technology in Construction (ITcon)**. Chicago, v. 21, p. 152-163. jul. 2016. ISSN 1874-4753.

BRASIL. MINISTÉRIO DA ECONOMIA. (org.). **Building Information Modeling**. 2018. ESTRATÉGIA NACIONAL DE DISSEMINAÇÃO DO BIM - ESTRATÉGIA BIM BR. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/index.php/competitividade-industrial/ce-bim>. Acesso em: 21 dez. 2018.

BRYDE, David; BROQUETAS, Martí; VOLM, Jürgen Marc. The project benefits of Building Information Modelling (BIM). **International Journal of Project Management**, v. 31, n. 7, p. 971-980, out. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.12.001>.

CAMPBELL, Dace A. Building Information Modeling: The Web3D application for AEC. **Proceedings of the International Conference on 3d Web Technology (Web3D'07)**, 20. v. 20, n. 1, p. 173-176, 2007. ACM Press. <http://dx.doi.org/10.1145/1229390.1229422>.

CÂNDIDO, Luis Felipe. **Análise de sistemas de medição de desempenho na construção civil**: oportunidades de melhoria a partir da literatura e da experiência de construtoras cearenses. 2015. 199 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

CARLIN, T. M. **Tiny homes**: Improving carbon footprint and the American lifestyle on a large scale. Celebrating Scholarship & Creativity Day, 2014. Paper 35.

CARRICK, R.; CZEKANSKI, A. A review of outcome-based education and the use of engineering design competitions to improve underrepresented attributes, **International Journal of Engineering Education**, n. 33, v. 4, 2017, p. 1180–1188.

CARROLL J. J. The power of problem-based learning. **Academy of Management Learning & Education**, v. 4, n. 2, p. 252-253, jan. 2005.

CHINOWSKY, Paul S.; BROWN, Hyman; SZAJNMAN, Alberto; REALPH, Allison. Developing Knowledge Landscapes through Project-Based Learning. **Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice**, v. 132, n. 2, p. 118-124, abr. 2006. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)1052-3928\(2006\)132:2\(118\)](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)1052-3928(2006)132:2(118)).

CHECCUCCI, E. S. **Ensino-aprendizagem de BIM nos cursos de graduação em Engenharia Civil e o papel da Expressão Gráfica neste contexto**. 235 f. il. 2014. Tese (Doutorado em Difusão do Conhecimento) – Faculdade de Educação, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

CHIZZOTI, A. **Pesquisa qualitativa em ciências humanas e sociais**. 6. ed. Petrópolis: Vozes, 2011.

CIC - Computer Integrated Construction Research Program. The Pennsylvania State University (2011). **BIM Project Execution Planning Guide**, v. 2.1, 125 p.

CLOUGH, G.; FERGUSON, R. Virtual Worlds are Authentic Sites for Learning, **Nova Science Publishers**, 2010. New York, NY.

COLLIS, J.; HUSSEY, R. **Pesquisa em administração: um guia prático para alunos de graduação e pós-graduação**. 2. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2005.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

DELATORRE, Vivian. **Potencialidades e limites do BIM no ensino de arquitetura: uma proposta de implementação**. 2014. 293 f. Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Instituição de Ensino: Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis Biblioteca Depositária: BU/UFSC.

DING, Grace K. C. Sustainable construction - The role of environmental assessment tools. **Journal of Environmental Management**, v. 86, n. 3, p. 451-464, fev. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2006.12.025>.

DOMINGUES, Marco Antônio. **Orçamentação de empreendimentos de arquitetura engenharia civil - uma solução metodológica para atender a lei de responsabilidade fiscal e a lei de licitações**. São Paulo, 2002. 247p. Disponível em: <http://www.domingues.eng.br/mestrado/dissertacao_mestrado_madomingues_2002-02.pdf>. Acesso em: 15 abr 2014.

DOSSICK, Carrie Sturts; NEFF, Gina. Messy talk and clean technology: communication, problem-solving and collaboration using building information modelling. **Engineering Project Organization Journal**, v. 1, n. 2, p. 83-93, jun. 2011. Engineering Project Organization Society. <http://dx.doi.org/10.1080/21573727.2011.569929>.

DU, Xiangyun; GRAAFF, Erik de; KOLMOS, Anette. **Research on PBL Practice in Engineering Education**. Rotterdam: Sense Publishers, 2009. 246 p.

EADIE, Robert; BROWNE, Mike; ODEYINKA, Henry; MCKEOWN, Clare; MCNIFF, Sean. BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle: An analysis. **Automation In Construction**, v. 36, p. 145-151, dez. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2013.09.001>.

EASTMAN, Chuck; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael; LISTON, Kathleen. **BIM Handbook: A guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors**. 2. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2011. 648 p.

GHOSH, Arundhati; PARRISH, Kristen; CHASEY, Allan D. Implementing a Vertically Integrated BIM Curriculum in an Undergraduate Construction Management Program. **International Journal of Construction Education and Research**, v. 11, n. 2, p. 121-139. 2015. <http://dx.doi.org/10.1080/15578771.2014.965396>.

GIBBS, G. **Análise de dados qualitativos**. Porto Alegre, RS: Artmed, 2009.

GIER, Dennis M. **Does learning building information modeling improve the plan reading skills of construction management students?** In: ANNUAL CONFERENCE BY ASSOCIATED SCHOOLS OF CONSTRUCTION, 43., 2007, Flagstaff.

GIER, Dennis M. Integrating Building Information Modeling (BIM) into Core Courses within a Curriculum: A case study. **International Journal of Engineering Research and General Science**, p. 528-543. 2015.

GONÇALVES, Hortência de Abreu. **Manual de Metodologia da Pesquisa Científica**. 2. ed. São Paulo: Avercamp, 2014. 168 p.

GRAAFF, Erik de; KOLMOS, Anette. Characteristics of Problem-Based Learning. **International Journal of Engineering Education**, p. 657-662. 2003.

HEINECK, L. F. M. **Dados básicos para a programação de edifícios altos por linha de balanço**. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DE ENGENHARIA CIVIL, 1996. Anais. Florianópolis, SC.

HEVNER, Alan; MARCH, Salvatore T.; PARK, Jinsoo; RAM, Sudha. Design Science in Information Systems Research. **Management Information Systems Quarterly**, Minneapolis, v. 28, n. 1, p. 75-105, mar. 2004.

HUANG, Yilei. Developing a Modular Advanced BIM Course in Construction Management. **Journal Of Building Construction And Planning Research**, v. 06, n. 04, p. 198-214, 2018. Scientific Research Publishing, Inc. <http://dx.doi.org/10.4236/jbcpr.2018.64014>.

HUANG, Yilei. **Integrating Building Information Modeling in Existing Courses: A Systematic Framework for Undergraduate Construction Management Programs.** In: ASEE ANNUAL CONFERENCE AND EXPOSITION, 123., 2016, New Orleans.

ICHIHARA, J. A. **A Base Filosófica da Linha de Balanço.** In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 1997, Gramado. Anais do 17º ENEGEP, 1997.

IRIZARRY, Javier; MEADATI, Pavan; BARHAM, Wasim S.; AKHNOUKH, Amin. Exploring Applications of Building Information Modeling for Enhancing Visualization and Information Access in Engineering and Construction Education Environments. **International Journal Of Construction Education And Research**, v. 8, n. 2, p. 119-145, abr. 2012. <http://dx.doi.org/10.1080/15578771.2011.647247>.

JOANNIDES, Maya M.; OLBINA, Svetlana; ISSA, Raja R. A. Implementation of Building Information Modeling into Accredited Programs in Architecture and Construction Education. **International Journal Of Construction Education And Research**, v. 8, n. 2, p. 83-100, abr. 2012. <http://dx.doi.org/10.1080/15578771.2011.632809>.

JONASSEN, D.H.; HOWLAND, J.L.; MOORE, J.L.; MARRA, R.M. **Learning to Solve Problems with Technology: A Constructivist Perspective**, Merrill Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 2003.

KAEWUNRUEN, Sakdirat; LIAN, Qiang. Digital twin aided sustainability-based lifecycle management for railway turnout systems. **Journal Of Cleaner Production**, v. 228, p. 1537-1551, ago. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.156>.

KOHLER, Niklaus; MOFFATT, S. Life cycle analysis of the built environment. **Industry And Environment**, v. 2, n. 26, p. 17-21, abr. 2003.

KREIDER, Ralph G.; MESSNER, John I. **The Uses of BIM: classifying and selecting BIM uses.** v. 0.9 Pennsylvania: Computer Integrated Construction, 2013. 23 p.

KRIPPENDORFF, K. **Content analysis: an introduction to its methodology.** 2. ed. London, UK: Sage Publications, 2004.

KUBIATKO, Milan; VACULOVÁ, Ivana. Project-based learning: Characteristic and the experiences with application in the science subjects. **Energy Education Science and Technology: Part B - Social and Educational Studies**, v. 3, n. 1, p. 65-74, jun. 2011.

KYMMELL, Willem. **Building Information Modeling: Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations.** New York: Mcgraw-hill, 2008. 270 p.

LIU, Yi-hui; LOU, Shi-er; FANG, Rong-jyue; LEE, Chung-ping. **A case study of online project-based mobile learning: Beer King.** WSEAS INTERNATIONAL CONFERENCE ON MULTIMEDIA SYSTEMS AND SIGNAL PROCESSING, p. 43-57. jun. 2010.

LOSSO, Iseu Reichmann. **Utilização das características geométricas da edificação na elaboração de estimativas preliminares de custos: estudo de caso em uma empresa de construção.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1995. 146 p.

MACHADO, Lisiane; FREITAS JUNIOR, José Carlos da Silva; KLEIN, Amarolinda Zanela; FREITAS, Angilberto Sabino de. **A Design Research como método de pesquisa de Administração:** Aplicações práticas e lições aprendidas. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO (EnANPAD), 37., 2013, Rio de Janeiro.

MAGIERA, J. **Integrated teaching for integrated engineering practice-BIM on campus.** In: International Conference on Computer Methods in Mechanics, 20., 2013, Poznan.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia Científica.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2011. 320 p.

MATTANA, Leticia. **Contribuição para o ensino de orçamentação com uso de BIM no levantamento de quantitativos.** 2017. 279 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

MATTOS, A. D. **Como preparar orçamentos de obras.** São Paulo: Pini, 2006. ISBN 85-7266-176-x.

MCGOUGH, Danny; AHMED, Abdullahi; AUSTIN, S. **Integration of BIM in Higher Education:** Case study of the adoption of BIM into Coventry University's department of Civil Engineering, Architecture and Building. In: SUSTAINABLE BUILDING CONFERENCE, 13., 2013, Coventry. p. 394-403.

MCLERNON, Tim; MCKANE, Mark; EADIE, Robert; COMISKEY, David. **A Review of Curriculum Design for Building Information Modelling.** In: RICS Cobra Aubea, 2015, Sydney.

MEDEIROS, Sanderson Carvalho Souza de. **Integração de projetos no ensino através de BIM:** uma abordagem dos cursos de arquitetura e urbanismo da UFRN e da UFPB. 2015. 95f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

MELHADO, S.; PINTO, A. C. **Benefícios e desafios da utilização do BIM para extração de quantitativos.** SIBRAGEC - ELAGEC 2015. São Carlos/SP: 511-518 p. 2015.

MORGAN, G. **Paradigmas, metáforas e resolução de quebra-cabeças na teoria das organizações.** In: Teoria das organizações. São Paulo, SP: Atlas, 2007.

NARGUNDKAR, Satish; SAMADDAR, Subhashish; MUKHOPADHYAY, Somnath. A Guided Problem-Based Learning (PBL) Approach: Impact on Critical Thinking. **Decision Sciences Journal of Innovative Education**, v. 12, n. 2, p. 91-108, abr. 2014. John Wiley & Sons. <http://dx.doi.org/10.1111/dsji.12030>.

NATUMI, Yone. **O ensino de informática aplicada nos cursos de graduação em arquitetura e urbanismo no Brasil**. 2013. 282 f. Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Instituição de Ensino: Universidade de São Paulo, São Paulo Biblioteca Depositária: FAU-MARANHÃO.

OLATUNJI, Oluwole Alfred. Blending 'Fair Dinkum' into group assessment of construction students, **International Journal of Construction Education and Research**, 2016. v. 12, n. 4, p. 270-284.

OLATUNJI, Oluwole Alfred. Promoting student commitment to BIM in construction education. **Engineering, Construction And Architectural Management**, v. 26, n. 7, p. 1240-1260, 19 ago. 2019. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/ecam-04-2018-0173>.

OPDAHL, S. O.; MONSTAD, M. E.; GRAHL-MADSEN, M. **The freshman engineer: Problem-Based Learning as Implemented at Bergen University College**. UICEE, Clayton, p. 139-140. 2004.

PANUWATWANICH, Kriengsak; WONG, Mei Liang; DOH, Jeung-Hwan; STEWART, Rodney A.; MCCARTHY, Timothy J. **Integrating building information modelling (BIM) into Engineering education: an exploratory study of industry perceptions using social network data**. In: FACULTY OF ENGINEERING AND INFORMATION SCIENCES, 2013.

PAVELKO, C.; CHASEY, A. D. **Building Information Modeling in Today's University Undergraduate Curriculum**. In: The BIM-related Academic Workshop, 2010, Washington.

PIKAS, E.; SACKS, R.; HAZZAN, O. Building Information Modeling Education for Construction Engineering and Management. II: Procedures and Implementation Case Study. **Journal Of Construction Engineering And Management**, v. 139, n. 11, nov. 2013. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0000765](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0000765).

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do Trabalho Científico: métodos e técnicas de pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2 ed. Novo Hamburgo: FEEVALE, 2013.

QUANTIS. Earth Advantage, and Oregon Home Builders Association, **A Life Cycle Assessment Based Approach to Prioritizing Methods of Preventing Waste from Residential Building Construction, Remodeling, and Demolition in the State of Oregon: Phase 1 Report, Version 1.2**. 2009.

QUANTIS. Earth Advantage, and Oregon Home Builders Association, **A Life Cycle Approach to Prioritizing Methods of Preventing Waste from the Residential Construction Sector in the State of Oregon: Phase 2 Report, Version 1.4**. 2010.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa Social: Métodos e Técnicas**. 3. ed. São Paulo, SP: Atlas, 2011.

ROSA, P. S.; ISATTO, L. E.; RECK, R. H.; **Aderência entre planejamento de curto e médio prazo na construção civil**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 2017, Fortaleza. Anais.... Fortaleza, 2017.

RUSCHEL, R. C.; ANDRADE, M. L. V. X. D.; MORAIS, M. O ensino de BIM no Brasil: onde estamos?. **Revista Ambiente Construído**, v. 13, p. 151-165, 2013.

SABOL, L. **Challenges in Cost Estimating with Building Information Modeling**. Design + Construction Strategies, 2008.

SACKS, R.; BARAK, R. Teaching Building Information Modeling as an Integral Part of Freshman Year Civil Engineering Education. **Journal Of Professional Issues In Engineering Education And Practice**, v. 136, n. 1, p. 30-38, jan. 2010. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)ei.1943-5541.0000003](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)ei.1943-5541.0000003).

SACKS, Rafael; PIKAS, Ergo. Building Information Modeling Education for Construction Engineering and Management I: Industry Requirements, State of the Art, and Gap Analysis. **Journal Of Construction Engineering And Management**, v. 139, n. 11, nov. 2013. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0000759](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0000759).

SALGADO, P. M. L. **Planeamento e controlo de projetos em ambiente colaborativo com recurso a ferramentas BIM**. 2016. (Mestrado). Escola de Engenharia, Universidade do Minho.

SANTOS, A. D. P. L.; ANTUNES, C. E.; BALBINOT, G. B. Levantamento de quantitativos de obras: comparação entre o método tradicional e experimentos em tecnologia BIM. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, v. 6, n. 12, p. 134-155, 2014.

SHANBARI, Hamzah; BLINN, Nathan; ISSA, Raja R. A. Using augmented reality video in enhancing masonry and roof component comprehension for construction management students. **Engineering, Construction And Architectural Management**, v. 23, n. 6, p. 765-781, 21 nov. 2016. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/ecam-01-2016-0028>

SILVA, Kássio; CAMPOS, Glaudson; SILVA, Ricardo Marques da; SANTOS, Angélica Cidália Gouveia dos. A composição de custos na construção civil. **Pensar Engenharia**, v. 3, n. 1, jan. 2015.

SUCCAR, B. **BIM Dictionary**. 2017. Disponível em: <http://bimdictionary.com/building-information-modelling>. Acesso em: 16 mar. 2018.

SUCCAR, Bilal. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation In Construction**, v. 18, n. 3, p. 357-375, maio 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>.

TANG, L.; JIN, R.; FANG, K. Launching the innovative BIM module for the architecture and built environment programme in China. **Building Information Modelling (BIM) In Design, Construction And Operations**, Bristol, v. 149, p. 145-149, 9 set. 2015. WIT PRESS. <http://dx.doi.org/10.2495/bim150131>.

TAYLOR, J. Mark; LIU, Junshan; HEIN, Michael F. **Integration of Building Information Modeling (BIM) into an ACCE Accredited Construction Management Curriculum**. In: ASC ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE, 44., 2008, Auburn.

TEIXEIRA, J. C.; NASCIMENTO, R. **Triangulação entre Métodos na Administração: gerando conversações paradigmáticas ou meras validações convergentes?** In: ENCONTRO NACIONAL DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO, 35., 2011, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro, RJ: ANPAD, 2011.

TODD, Joel Ann; CRAWLEY, Drury; GEISLER, Susanne; LINDSEY, Gail. Comparative assessment of environmental performance tools and the role of the Green Building Challenge. **Building Research & Information**, v. 29, n. 5, p. 324-335, set. 2001. UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/09613210110064268>.

TOMMELEIN, I.; BALLARD, G. **Coordinating specialists**. Berkeley, CA: Construction Engineering and Management Program, Civil and Environmental Engineering Department, University of California, 1997. (Technical Report, n. 97-8).

VAISHNAVI, V. K.; KUECHLER, W. **Design science research methods and patterns: innovating information and communication technology**. Auerbach Pub, 2007.

VAISHNAVI, Vijay; KUECHLER, Bill; PETTER, Stacie. **Design Science Research in Information Systems**, 2014. 62 p. Disponível em: <http://www.desrist.org/design-research-in-information-systems/>. Acesso em: 30 jun. 2019.

VEIGA, Raquel Sassaro; POLACINSKI, Édio; SILVA, Vilmar Bueno; TAUCHEN, Joel; PIRES, Mariel Rosana. Implantação dos 5Ss e proposição de um SGQ para uma indústria de erva-mate. **Revista ADMpg Gestão Estratégica**, Ponta Grossa, v. 6, n. 1, p. 71-78, 2013.

VERGARA, Sylvia Constant. **Gestão da Qualidade**. Editora FGV. 3ª Edição. Rio de Janeiro. 2006.

WALTERS, Russell C.; SIROTIK, Todd. **Assessing the effect of project based learning on leadership abilities and communication skills**. In: ASC ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE, 47., 2011, Omaha.

WANG, Feng; HANNAFIN, Michael J. Design-based research and technology-enhanced learning environments. **Educational Technology Research And Development**, v. 53, n. 4, p. 5-23, dez. 2005. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/bf02504682>.

WANG, Hao; PAN, Yisha; LUO, Xiaochun. Integration of BIM and GIS in sustainable built environment: A review and bibliometric analysis. **Automation In Construction**, v. 103, p. 41-52, jul. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2019.03.005>.

WILSON, Alex; BOEHLAND, Jessica. Small is Beautiful U.S. House Size, Resource Use, and the Environment. **Journal Of Industrial Ecology**, v. 9, n. 1-2, p. 277-287, 8 fev. 2008. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1162/1088198054084680>.

WOO, H. J. **BIM (Building Information Modeling) and Pedagogical Challenges**. In: ASC ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE, 43., 2007. Flagstagg: Associated Schools of Construction.

WONG, Johnny Kwok Wai; ZHOU, Jason. Enhancing environmental sustainability over building life cycles through green BIM: A review. **Automation In Construction**, v. 57, p. 156-165, set. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2015.06.003>.

WU, Wei; HYATT, Brad. Experiential and Project-based Learning in BIM for Sustainable Living with Tiny Solar Houses. **Procedia Engineering**, v. 145, p. 579-586, 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.047>.

WU, Wei; ISSA, Raja. Impacts of BIM on talent acquisition in the construction industry. In: ANNUAL ARCOM CONFERENCE, 29., 2013, Uk. **Proceedings [...]** Uk: At Reading, 2013. YALCINKAYA, Mehmet; ARDITI, David. Building Information Modeling (BIM) and the Construction Management Body of Knowledge. **Product Lifecycle Management For Society**, v. 409, p. 619-629, jul. 2013. Springer Berlin Heidelberg. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-41501-2_61.

YALCINKAYA, M.; ARDITI, D. Building Information Modeling (BIM) and the Construction Management Body of Knowledge. **Product Lifecycle Management For Society**, v. 409, p. 619-629, jul. 2010. Springer Berlin Heidelberg. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-41501-2_61.

YAMAGUHI, K; KAWAZOE, H; KONDO, y; SAKAMOTO, S. **Problem-based learning programs aiming at practical application of knowledge of specialized subjects**. In: AVIATION INDUSTRY PRESS, 2004, Beijing. p. 1001-1006.

YI, Taeyeua; YUN, Sukhee. **BIM (Building Information Modeling) Education Program in KSA: A Case Study of BIM program at Prince Sultan University**. E3S WEB OF CONFERENCES, v. 65, 2018. EDP Sciences. <http://dx.doi.org/10.1051/e3sconf/20186504004>.

ZHANG, Jingxiao; XIE, Haiyan; LI, Hui. Project Based Learning with Implementation Planning for Student Engagement in BIM Classes. **International Journal Of Engineering Education**, p. 1-13. 2019.

ZOLIN, Roxanne; FRUCHTER, Renate; LEVITT, Raymond E. Realism and Control: Problem-Based Learning Programs as a Data Source for Work-Related Research. **International Journal Of Engineering Education**, p. 788-798. jan. 2003.

APÊNDICE A - RESPOSTAS DE DISCENTES SOBRE DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM EM GCC I / UFC

		Você sentiu dificuldades em trabalhar com algum destes assuntos ? Se sim, explique o motivo e aponte possíveis soluções para a(s) dificuldade(s) encontrada(s)							
Aluno	Ano	ORÇAMENTAÇÃO		PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS		INCORPORAÇÃO		ESTUDO DE VIABILIDADE	
		Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)
A1	2017	Levantamento de quantitativos	O levantamento de quantitativos foi um processo bastante abstrato, já que existem processos construtivos que precisam ser conhecidos para se ter uma boa orçamentação.	Diagrama de precedências ou blocos; Diagrama PERT/CPM	Acho que o conceito de ambos os diagramas não foram passados de forma adequada. Como sugestão, creio que os diagramas deveriam ser ensinados por meio de exemplos mais práticos.	Montagem das tabelas da NBR 12.721	O processo de montagem das tabelas da NBR 12.721 foi abstrato e exaustivo. O conteúdo deveria ser ensinado de maneira mais prática.	Montagem do fluxo de caixa; Análise da viabilidade de empreendimentos; Formação de preço	O maior problema foi conceitual. Não tínhamos uma base de conhecimento adequado, além disso, o conteúdo foi ensinado de forma bastante superficial.
		Composição de custos	Não entendi o conteúdo, senti dificuldades para relacionar os custos unitários de mão de obra nas composições. Como sugestão, poderia ter havido maior aproximação com o mercado, ou seja, com a prática.	EAP; Gráfico de Gantt	Achei o conteúdo bastante abstrato, além disso, a falta de conhecimentos em sistemas construtivos na época dificultou ainda mais a compreensão. Como sugestão, a cadeia de sistemas construtivos deveria ser mais integrada a cadeia de GCC I.				

APÊNDICE A - RESPOSTAS DE DISCENTES SOBRE DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM EM GCC I / UFC

Gerenciamento da Construção Civil I / UFC									
Você sentiu dificuldades em trabalhar com algum destes assuntos ? Se sim, explique o motivo e aponte possíveis soluções para a(s) dificuldade(s) encontrada(s)									
ALUNO	ANO	ORÇAMENTAÇÃO		PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS		INCORPORAÇÃO		ESTUDO DE VIABILIDADE	
		Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)
A2	2016	Levantamento de quantitativos	Não gostei de fazer o levantamento de quantitativos, por ser uma atividade monótona e não ter sido ensinado um método mais prático para se fazer. Mesmo assim, considero que seja um processo importante durante a disciplina. Como tentamos fazer o projeto no Revit, tive alguma dificuldade no manuseio do software, embora já o usasse. Acredito que tenha sido melhor que fazer só pelo projeto em 2d e, pessoalmente, me ajudou a melhorar com o software.	Plano de ataque	Não gostei de trabalhar com Plano de ataque da obra, porque não tinha conhecimento suficiente para saber determinar a cronologia das atividades na ordem correta, por falta de prática e conhecimento em disciplinas anteriores. Sugiro mostrar etapas de obras reais: mostrar o cronograma e mostrar imagens de cada uma das atividades e explicar o porquê de cada uma ser realizada em determinado momento.	Conceitos sobre incorporação imobiliária	O conteúdo foi tratado de forma bastante superficial. Acho que o planejamento da disciplina deveria ser melhor elaborado, bem como buscar aproximar mais o aluno com o mercado.	Montagem do fluxo de caixa	Não gostei de montar o fluxo de caixa, porque envolve muitas estimativas. Um aluno de graduação sem experiência não possui confiança pra isso, o que acaba tornando a tarefa muito abstrata. Sugiro aproximar mais o aluno com o mercado, trazendo exemplos mais práticos.
		Composição de custos; BDI	Tive dificuldade na composição dos custos, análise dos custos diretos, indiretos, fixos e variáveis, bem como no cálculo do BDI, pois acho que tudo foi dado de forma bastante superficial, sem ser muito prático, trazendo insegurança para a elaboração do orçamento. Como sugestões, acho que o professor deveria mostrar um orçamento real, de um empreendimento de pequeno porte, com planilhas reais (de preferência em BIM).	Linha de balanço	Embora tenha achado bem interessante a linha de balanço, não me foi mostrado um método de elaborá-la pelo computador, em um software específico. No trabalho da disciplina, acabamos usando o excel pra elaborá-la. Acho que esta sessão deveria ser mais alinhada a TI, tal como o BIM.	Montagem das tabelas da NBR 12.721	Embora o uso de coeficientes seja interessante para a análise inicial de custos, o tema não foi abordado tempo o suficiente para que a técnica pudesse ser usada com mais segurança, causando a impressão de ser um conteúdo mais abstrato.	Formação de preço	O cálculo do preço um ponto muito importante pra se analisar a viabilidade de uma construção. No entanto, como envolve muitas variáveis indiretas, considero difícil compreender tudo (custos indiretos e BDI), principalmente sem que haja muita prática. Acredito que seja fundamental apresentar orçamentos reais, de projetos reais. Sugiro apresentar em sala de aula, projetos de licitações públicas, para que os alunos vejam a formação de preço e tenham uma gama maior de projetos para aprenderem. Isso seria benéfico até pra que eles vissem projetos além dos de construção de edifícios, como praças, pontes, e saneamento, por exemplo.

APÊNDICE A - RESPOSTAS DE DISCENTES SOBRE DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM EM GCC I / UFC

ALUNO		Gerenciamento da Construção Civil I / UFC									
		Você sentiu dificuldades em trabalhar com algum destes assuntos ? Se sim, explique o motivo e aponte possíveis soluções para a(s) dificuldade(s) encontrada(s)									
ANO	ORÇAMENTAÇÃO		PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS		INCORPORAÇÃO		ESTUDO DE VIABILIDADE				
	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)			
A3	2019	Composição de custos; BDI	<p>Acredito que as maiores dificuldades foram no cálculo do BDI, por ser um conceito que envolve muitos fatores e variáveis e, pelo mesmo motivo a composição de custos, que envolve produtividade, fatores externos, encargos sociais, etc.</p> <p>A oneração e desoneração também foi complexo de entender de início. Sugiro que o envolvimento de atividades mais práticas e explicações mais relacionadas ao convívio do estudante podem ajudar a entender melhor os assuntos.</p>	<p>Diagrama PERT/CPM; Diagrama de precedências ou blocos</p>	<p>Acredito que as maiores dificuldades foram na compreensão do PERT (caminho crítico/folgas) e no diagrama de precedências (tipo de ligações), essas dificuldades estiveram mais relacionadas a dúvidas conceituais, de compreensão. Creio que aulas mais dinâmicas e exemplos mais simples podem ajudar a compreender melhor o assunto.</p>	<p>Montagem das tabelas da NBR 12.721; Conceitos sobre incorporação imobiliária</p>	<p>Tive muita dificuldade de compreender os conceitos neste conteúdo. Sugiro evitar leituras enfadonhas. Além de possibilitar que as aulas sejam mais dinâmicas e que o aluno possa entender os conceitos de forma mais aplicada.</p>	<p>Não senti dificuldades. Para mim foram as aulas mais aplicadas e dinâmicas da disciplina. Gostei muito da forma que foi abordada. Incentivo que o conteúdo esteja relacionado aos exemplos práticos, simples e ao mesmo tempo completos.</p>			
		Plano de contas	<p>Nunca tive contato na vida profissional com Plano de Contas, então o assunto não me envolveu como deveria. Sugiro trazer aulas e conceitos mais aplicados pro dia a dia dos alunos.</p>	<p>Diagrama de precedências ou blocos; Nivelamento de recursos</p>	<p>Não gostei de esmdar alguns tipos de ligação (as menos usuais) e com nivelamento de recursos, pois e nunca tive contato fora da disciplina. Dessa maneira, senti dificuldade de compreensão com alguns assuntos que não conhecia anteriormente. Sugiro trazer aulas e conceitos mais aplicados pro dia a dia dos alunos.</p>						

APÊNDICE A - RESPOSTAS DE DISCENTES SOBRE DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM EM GCC I / UFC

		Gerenciamento da Construção Civil I / UFC									
		Você sentiu dificuldades em trabalhar com algum destes assuntos ? Se sim, explique o motivo e aponte possíveis soluções para a(s) dificuldade(s) encontrada(s)									
ALUNO	ANO	ORÇAMENTAÇÃO		PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS		INCORPORAÇÃO		ESTUDO DE VIABILIDADE			
		Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)		
A4	2016	<p>Composição de custos</p> <p>Senti dificuldades devido ao pouco conhecimento quanto aos processos e às seqüências das ações construtivas, o que dificultou a procura e escolha dos itens nas tabelas oficiais de orçamentação (Sinapi, Seinfra). Acredito que essa dificuldade esteja mais relacionada com a falta de contato com a falta de prática, o que considero ser normal em um aluno de gerenciamento. No entrando, a falta de uma abordagem mais prática e mais sequencial durante toda a faculdade prejudica o entendimento dos processos e seqüências construtivas, pois aparentemente são criadas ilhas de conhecimento nas diversas disciplinas e a falta de ligação entre elas prejudica a orçamentação.</p>	<p>A maior dificuldade deve-se ao desconhecimento da seqüência das ações construtivas, interferindo no estabelecimento da precedência/dependência dos serviços. Acredito que a maneira para corrigir isso seria uma abordagem contextualizada dos professores ao ministrarem suas aulas, explicando a ligação daqueles conhecimentos com os de outra disciplina, para que o aluno entenda melhor as interfaces e dependências existentes, bem como a seqüência dos processos.</p>	<p>Diagrama PERT/CPM</p>	<p>Conceitos sobre incorporação imobiliária</p>	<p>As dificuldades foram mais relacionadas à falta de conhecimento sobre o funcionamento do mercado, uma vez que é um mercado muito complexo e a falta de contato com essa área gera dificuldades para o entendimento dos exemplos, de como se estabelece a relação entre as partes envolvidas na incorporação, etc. Acho que foram dificuldades normais no aprendizado, uma vez que estavam sendo aprendidas coisas realmente novas para mim e que levam um tempo para serem entendidas no todo. Possivelmente aulas mais práticas poderiam facilitar o processo de aprendizagem.</p>	<p>Análise da viabilidade de empreendimentos</p>	<p>É difícil analisar a viabilidade de um empreendimento se você não tem muito conhecimento sobre o mercado, desde a construção até a comercialização. O conteúdo é um tanto abstrato, o que dificulta ser fácil entendimento. Acredito que aulas mais práticas poderiam facilitar a compreensão dos conteúdos.</p>	<p>Não gostei de trabalhar com a montagem de fluxo de caixa devido à abstração do assunto. As dificuldades ocorreram devido à falta de conhecimento de mercado. Muitos dos fatores para formação de preço e para viabilização de um empreendimento envolvem decisões a nível empresarial e amparado em conhecimentos econômicos para traçar alternativas viáveis ao fluxo de caixa.</p>		
		<p>Levantamento de quantitativos</p> <p>Trabalho cansativo e repetitivo. A falta de prática também contribuiu para a dificuldade em organizar os dados e para escolha da maneira correta de fazer o levantamento de cada serviço. Creio que deva ser estudado uma forma de tomar o trabalho menos cansativo e repetitivo, bem como facilitar o entendimento do aluno em relação ao estabelecimento dos quantitativos dos serviços.</p> <p>Plano de ataque</p>	<p>Não gostei porque encontrei muitas dificuldades na definição da seqüência de execução das atividades. A dificuldade estava relacionada exatamente à falta de conhecimento suficiente para estabelecer a seqüência de execução das atividades, visto que muitas vezes estudamos assuntos na facilidade sem saber como eles se interligam com os outros e qual seria a ordem de precedência em uma aplicação real. Ao longo das disciplinas, precisa ser passado para o aluno a contextualização de cada disciplina em meio a todo o processo, facilitando para que o aluno entenda como as diversas disciplinas se encaixam com cada atividade.</p>	<p>Montagem das tabelas da NBR 12.721</p>	<p>Não gostei de trabalhar com a montagem de tabelas porque é uma atividade cansativa e entediante. A dificuldade está na aplicação da própria norma, uma vez que é muito chera de tabelas e conceitos difíceis de se entender. Aulas mais práticas poderiam facilitar a compreensão dos conteúdos.</p>	<p>Montagem do fluxo de caixa</p>	<p>Não gostei de trabalhar com a montagem de fluxo de caixa devido à abstração do assunto. As dificuldades ocorreram devido à falta de conhecimento de mercado. Muitos dos fatores para formação de preço e para viabilização de um empreendimento envolvem decisões a nível empresarial e amparado em conhecimentos econômicos para traçar alternativas viáveis ao fluxo de caixa.</p>				

APÊNDICE A - RESPOSTAS DE DISCENTES SOBRE DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM EM GCCI / UFC

ALUNO		Gerenciamento da Construção Civil I / UFC							
		Você sentiu dificuldades em trabalhar com algum destes assuntos ? Se sim, explique o motivo e aponte possíveis soluções para a(s) dificuldade(s) encontrada(s)							
ANO		ORÇAMENTAÇÃO		PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS		INCORPORAÇÃO		ESTUDO DE VIABILIDADE	
		Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)
A5	2016	Levanteamento de quantitativos	Senti dificuldades em trabalhar com levantamento de quantitativos. Acredito que para este levantamento precisa ter um bom conhecimento das técnicas e sistemas construtivos, o que é uma falha que vai além da cadeia de Gerenciamento. Uma mudança na matriz curricular, que permita aulas mais práticas de construção e mais visíveis antes da cadeira de trabalhar com orçamentação.	Diagrama de blocos	Na época não consegui aprender de forma eficaz, pois acho que realmente não foi bem explorado em sala de aula. Todas as dificuldades que podem vir das demais técnicas de planejamento estão mais inseridas num contexto de falta de conhecimento e prática com os software utilizados. Na época eu não tinha os conhecimentos em Excel e MS Project que tenho hoje, por exemplo, que me ajudaram a executar tais técnicas de forma rápida e prática. Sugiro explorar mais o conteúdo com exercícios práticos.			Análise da viabilidade de empreendimentos	O conteúdo foi dado de forma bastante superficial, além disso, não houve muita aproximação com exemplos mais práticos. Acho que indicadores de viabilidade poderiam ter sido abordados em sala de aula para facilitar a compreensão do conteúdo.
								Formação de preço; Montagem de fluxo de caixa	O conteúdo foi ensinado de forma bastante superficial, dificultando a compreensão dos conceitos de formação de preço e a montagem de um fluxo de caixa adequado. Creio que mais aulas deveriam ter sido dedicadas a esta seção na disciplina, bem como exemplos mais práticos deveriam ter sido abordados.

APÊNDICE A - RESPOSTAS DE DISCENTES SOBRE DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM EM GCC I / UFC

Gerenciamento da Construção Civil I / UFC									
Você sentiu dificuldades em trabalhar com algum destes assuntos ? Se sim, explique o motivo e aponte possíveis soluções para a(s) dificuldade(s) encontrada(s)									
ALUNO	ANO	ORÇAMENTAÇÃO		PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS		INCORPORAÇÃO		ESTUDO DE VIABILIDADE	
		Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)
A6	2017	Métodos de orçamentação	Na verdade, esperava algo mais aprofundado, pois quando iniciei a disciplina já tinha conhecimento prévio na área. Faltou melhor integração entre o conteúdo abordado e o que é realizado no mercado. Sugiro abordar conteúdos mais práticos por meio de maior aproximação ao mercado de trabalho.	Linha de balanço	Trabalhar com um planejamento em um caso real, e não fictício, pois ao final da disciplina, percebi que não estava apto a desenvolver um serviço de orçamento e planejamento por simplesmente não ter visto o processo completo e nem o que deve ser entregue a um cliente por exemplo.	Conceitos sobre incorporação imobiliária	Os conteúdos deveriam ser ensinados de forma mais prática, facilitando a aprendizagem do aluno.	Análise da viabilidade de empreendimentos	Tive dificuldades de entender como avaliar a viabilidade de um empreendimento de forma mais real. Os conteúdos deveriam ser ensinados de forma mais prática, facilitando a aprendizagem do aluno.
		Composição de custos	Achei o conteúdo bastante complexo para ser ensinado apenas de forma superficial, distorcendo a realidade, não garantindo um aprendizado eficaz do aluno. Sugiro maior aproximação ao mercado, bem como o ensino envolvendo exemplos mais práticos.						

APÊNDICE A - RESPOSTAS DE DISCENTES SOBRE DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM EM GCCI / UFC

ALUNO		Gerenciamento da Construção Civil I / UFC									
ANO		Você sentiu dificuldades em trabalhar com algum destes assuntos ? Se sim, explique o motivo e aponte possíveis soluções para a(s) dificuldade(s) encontrada(s)									
ALUNO	ANO	ORÇAMENTAÇÃO		PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS		INCORPORAÇÃO		ESTUDO DE VIABILIDADE			
		Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)		
A7	2016	Levantamento de quantitativos	Tive dificuldade em interpretar os projetos e quantificar os materiais, pois dependendo da especificação do material, a unidade de medida pode variar, e essa quantidade deve ficar bem evidente em cada projeto. Além disso, quantificar alguns materiais a partir do projeto arquitetônico como, por exemplo, tinta ou textura de parede, pode ser desafiador. Sugiro uma maior atenção para no ensino do levantamento dos quantitativos de todos os projetos.	Níveis de planejamento; Diagrama PERT/CPM	Senti dificuldades em identificar qual prazo define cada nível de planejamento, o que é de curto, médio ou longo prazo. No Diagrama PERT/CPM, senti dificuldade em calcular o tempo necessário do Caminho Crítico. Sugiro dar exemplos em sala de aula de planejamentos de curto, médio e longo prazo, bem como realizar mais exercícios em sala relacionados a identificação do caminho crítico.	Montagem das tabelas da NBR 12.721	Achei o conteúdo bastante confuso, com muita teoria, a qual não tínhamos conhecimento anteriormente. Além disso, achei o assunto pouco prático, sem aplicação real. Sugiro aprimorar estes pontos.	Análise da viabilidade de empreendimentos	Senti dificuldade em encontrar qual critério define a viabilidade de um projeto e também em como encontrar uma alternativa para viabilizar o projeto. Sugiro explicar o assunto utilizando exemplos reais de projetos.		
		BDI	Cálculo de BDI foi um assunto que não fixei muito bem, tive dificuldade de compreensão. Sugiro explicar o assunto por meio de exemplos mais práticos.	Histograma e Curva S	Embora nas aulas o assunto tenha sido tratado com superficialidade, o assunto me pareceu bem complexo. Sugiro uma maior dedicação de tempo ao assunto, bem como tentar aproximá-lo a exemplos mais práticos.						

APÊNDICE A - RESPOSTAS DE DISCENTES SOBRE DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM EM GCC I / UFC

ALUNO		Gerenciamento da Construção Civil I / UFC									
ANO		Você sentiu dificuldades em trabalhar com algum destes assuntos ? Se sim, explique o motivo e aponte possíveis soluções para a(s) dificuldade(s) encontrada(s)									
ORÇAMENTAÇÃO		PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS			INCORPORAÇÃO			ESTUDO DE VIABILIDADE			
Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)		
Levantamento de quantitativos; Curva ABC	Tive dificuldade pra entender o levantamento de todos os materiais de todos os projetos, pois achei alguns dos levantamentos bastante abstrato. Na curva ABC tive dificuldade de visualizar o impacto de cada categoria de material no orçamento final. Sugiro maior incentivo ao uso de tecnologias, tal como o BIM, para automatizar o processo e facilitar o entendimento dos conteúdos.	Diagrama PERT/CPM; Diagrama de precedências ou blocos; Gráfico de Gantt; Linha de balanço	Não tive problema com os conceitos em si, no entanto, por ser conteúdos de certa forma abstratos, tive dificuldade de entender os diagramas, bem como a ligação entre as atividades, além do gráfico de Gantt e linha de balanço. Creio que eu teria entendido melhor se tivessem sido usados softwares específicos que facilitassem o entendimento dos conteúdos.	Montagem das tabelas da NBR 12.721	Apesar de ter gostado de aprender a montar as tabelas da norma, tive dificuldade de compreender o projeto, bem como entender algumas contas mais específicas. Creio que o uso de recursos tecnológicos poderiam tornar o conteúdo mais interativo e menos monótono.	Análise da viabilidade de empreendimentos	O processo de análise da viabilidade de empreendimentos costuma ser bastante complexo. A forma como o conteúdo foi dado ao longo da disciplina não me fez sentir segurança para avaliar se um investimento é viável ou não, até porque apesar de muitos dos conceitos teóricos terem sido abordados, faltou uma maior aproximação com a prática.				
Métodos de orçamentação	Achei que o conteúdo foi ensinado de forma bastante teórica, faltando uma maior aproximação a exemplos mais práticos.	Conceitos sobre incorporação imobiliária	Conceitos sobre incorporação imobiliária	Conceitos sobre incorporação imobiliária	Não conhecia muito dos conceitos, além disso, eles foram ensinados de forma simples, não havendo maior aprofundamento. Creio que com a utilização de situações mais práticas, os conceitos poderiam ser mais facilmente compreendidos.	Formação de preço	Tive dificuldade com o assunto, pois o mesmo envolve variáveis muito complexas e que são difíceis de serem entendidas em um curto espaço de tempo, sem experiência no mercado.				

APÊNDICE A - RESPOSTAS DE DISCENTES SOBRE DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM EM GCC I / UFC

		Gerenciamento da Construção Civil I / UFC							
		Você sentiu dificuldades em trabalhar com algum destes assuntos ? Se sim, explique o motivo e aponte possíveis soluções para a(s) dificuldade(s) encontrada(s)							
ALUNO	ANO	ORÇAMENTAÇÃO		PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS		INCORPORAÇÃO		ESTUDO DE VIABILIDADE	
		Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)
A9	2016	Levantamento de quantitativos; Composição de custos: BDI	Gostei de trabalhar com os conteúdos, mas tive dificuldade de entender o processo da extração de quantitativos e dos custos de projeto por na época não ter tido experiência prática. Acredito que falte aproximação da disciplina com a realidade do mercado e o uso de softwares mais específicos para a elaboração dos quantitativos.	Gráfico de Gantt; Diagrama de precedências ou blocos; Diagrama PERT/CPM	Tive dificuldades de entender como relacionar os conteúdos à prática, por isso achei um pouco abstrato. Os exemplos trabalhados em sala de aula não tiveram aplicação prática, o foco foi ensinar apenas aspectos conceituais aos alunos.	Não senti dificuldades	-	Análise da viabilidade de empreendimentos	As aulas foram voltadas apenas aos aspectos teóricos, faltou aplicação mais prática.
			Níveis de planejamento	Não gostei de trabalhar com os Níveis de Planejamento, porque quando não se tem muita experiência com projetos e processos de construção, como eu não tinha na época, fica muito difícil de entender os detalhes, por se tratar de um conteúdo de grande abstração.				Formação de preço	Não gostei de trabalhar com a Formação de Preço, porque fiquei bastante confuso com os aspectos conceituais, já que não foi aplicado a exemplos mais práticos. Tive que recorrer a outros meios como YouTube e livros para aprender melhor o conteúdo.

APÊNDICE A - RESPOSTAS DE DISCENTES SOBRE DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM EM GCC I / UFC

ALUNO		Gerenciamento da Construção Civil I / UFC									
		Você sentiu dificuldades em trabalhar com algum destes assuntos ? Se sim, explique o motivo e aponte possíveis soluções para a(s) dificuldade(s) encontrada(s)									
ANO	ORÇAMENTAÇÃO		PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS		INCORPORAÇÃO		ESTUDO DE VIABILIDADE				
	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	
A10	2017	<p>Levantamento de quantitativos: CUB</p> <p>Achei interessante a aplicação da curva ABC, no entanto tive dificuldade de visualizar nos projetos os itens que mais impactam no orçamento. Creio que o uso de recursos visuais, tal como modelagens tridimensionais poderiam facilitar o entendimento dos itens que estão impactando mais nos custos da obra.</p> <p>Tive dificuldades de levantar os quantitativos dos projetos pois muita coisa era abstrata para mim e foi difícil de quantificar. Os projetos deveriam ser melhor explicados nas aulas por meio do BIM. O CUB foi explicado de forma muito superficial, sem aplicação prática, o que gerou dificuldades conceituais.</p>	<p>Gráfico de Gantt; Linha de balanço</p> <p>Plano de ataque</p>	<p>Tive dificuldades de entender o gráfico de Gantt e a linha de balanço, pois achei o assunto abstrato. Após utilizar alguns programas, como o MS Project, consegui entender melhor o conteúdo. Sugiro o ensino destes conteúdos vinculados a aplicações mais práticas, como o uso de softwares.</p> <p>Achei difícil de definir o plano de ataque, pois não tinha experiência em obras. As etapas da obra deveriam ser relembradas na cadeira por meio de uma aplicação relacionada ao estabelecimento de um plano de ataque da obra.</p>	<p>Conceitos sobre incorporação imobiliária; Montagem das tabelas da NBR 12.721</p> <p>Os conceitos nesta parte da disciplina ficaram confusos pois foi dedicado pouco tempo ao seu ensino. A montagem das tabelas da NBR foi muito causativa e confusa. Creio que aplicações mais práticas relacionadas à montagem das tabelas da NBR poderiam facilitar a compreensão do conteúdo.</p>	<p>Análise da viabilidade de empreendimentos</p> <p>Formação de preço</p>	<p>Achei esta análise bastante desafiadora, pois envolve muitos fatores que podem impactar na viabilidade. A disciplina deveria trazer mais abordagens práticas para melhor entender o conteúdo.</p> <p>Achei muito complexo este conteúdo. Falhou maior integração a aplicações práticas.</p>				

APÊNDICE A - RESPOSTAS DE DISCENTES SOBRE DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM EM GCC I / UFC

ALUNO		Gerenciamento da Construção Civil / UFC									
ANO		Você sentiu dificuldades em trabalhar com algum destes assuntos ? Se sim, explique o motivo e aponte possíveis soluções para a(s) dificuldade(s) encontrada(s)									
ALUNO	ANO	ORÇAMENTAÇÃO		PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS		INCORPORAÇÃO		ESTUDO DE VIABILIDADE			
		Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)		
A11	2016	Levantamento de quantitativos	Não houve aprofundamento no ensino deste conteúdo. Tive dificuldade de ler os projetos no trabalho. Achei o conteúdo bastante confuso e cansativo. A aproximação do aluno com modelos tridimensionais poderia facilitar o entendimento e incentivar o trabalho dos alunos.	Gráfico de Gantt; Diagrama PERT/CPM; Linha de balanço	A maior dificuldade neste conteúdo foi porque não tinha experiência prévia com os assuntos. Se os conteúdos tivessem sido ensinados no MS Project ou em algum software que facilitasse o entendimento, talvez teria compreendido melhor.	Montagem das tabelas da NBR 12.721	Achei bastante confusa a montagem das tabelas em apenas uma aula na disciplina. Foi desmotivador fazer a elaboração dessas tabelas no trabalho, pois fiquei confuso em muitos processos.	Análise da viabilidade de empreendimentos	Faltou aproximação do conteúdo à indústria. Apesar de compreender os aspectos conceituais, não ficou claro pra mim como saber se um empreendimento é viável ou não.		

APÊNDICE A - RESPOSTAS DE DISCENTES SOBRE DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM EM GCC I / UFC

Gerenciamento da Construção Civil I / UFC									
Você sentiu dificuldades em trabalhar com algum destes assuntos ? Se sim, explique o motivo e aponte possíveis soluções para a(s) dificuldade(s) encontrada(s)									
ALUNO	ANO	ORÇAMENTAÇÃO		PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS		INCORPORAÇÃO		ESTUDO DE VIABILIDADE	
		Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)
A12	2020	Composição de custos; Cálculo de BDI	Nesses dois casos achei confuso entender pela apostila. Faltaram aplicações mais práticas sobre os assuntos.	Não senti dificuldades	-	Não senti dificuldades	-	Formação de preço	Foi complicado entender de onde vinham os valores e como achar o preço final.

APÊNDICE A - RESPOSTAS DE DISCENTES SOBRE DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM EM GCC I / UFC

Gerenciamento da Construção Civil I / UFC									
Você sentiu dificuldades em trabalhar com algum destes assuntos ? Se sim, explique o motivo e aponte possíveis soluções para a(s) dificuldade(s) encontrada(s)									
ALUNO	ANO	ORÇAMENTAÇÃO		PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS		INCORPORAÇÃO		ESTUDO DE VIABILIDADE	
		Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)
A13	2020	Levantamento de quantitativos	A dificuldade nos quantitativo se deu pois o trabalho era muito extenso, apesar da minha equipe ter modelado pra extrair os quantitativos da arquitetura. Se a edificação fosse menor poderíamos ter modelado tudo e extraído o quantitativo de forma automática.	Linha de balanço	A dificuldade na linha de balanço se deu pois não havia um método pratico de fazer e ninguém conseguiu fazer no MS Project.			Não senti dificuldades	-
		Cálculo dos custos; Cálculo de BDI	Os outros conceitos de BDI e custos indiretos ficaram um pouco abstratos pra mim tbm, gostaria de ver algo mais prático. a gente calculou o BDI por exemplo mas sem entender mto bem o que alguns itens da composição do BDI significavam na pratica.						

APÊNDICE A - RESPOSTAS DE DISCENTES SOBRE DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM EM GCC I / UFC

		Gerenciamento da Construção Civil I / UFC							
		Você sentiu dificuldades em trabalhar com algum destes assuntos ? Se sim, explique o motivo e aponte possíveis soluções para a(s) dificuldade(s) encontrada(s)							
ALUNO	ANO	ORÇAMENTAÇÃO		PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS		INCORPORAÇÃO		ESTUDO DE VIABILIDADE	
		Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)
A14	2020	Levantamento de quantitativos	A questão não foi dificuldade em relação ao conteúdo, mas sim um mal aproveitamento de tempo. Acho um desperdício realizar um levantamento de quantitativos de um projeto grande com o intuito de servir apenas para fins didáticos.	Estrutura Analítica de Projetos; Técnicas de rede; Diagrama de precedências ou blocos; Histograma e Curva S	Essa parte eu creio que a dificuldade se deu pela complexidade dos conteúdos mesmo, creio que dedicar mais tempo nessa parte conceitual seja de grande valor.	Conceitos sobre incorporação imobiliária	Novamente uma parte importante que poderia ter sido melhor abordada ou poderia ter dedicado mais tempo, passei muito mais tempo contando coisas do que estudando um assunto tão interessante como esse.		
		Composição de custos; cálculo de custos	Achei os conteúdos de certa forma abstrata. Os mesmos foram abordados de um curto espaço de tempo, com poucos exemplos práticos.						

APÊNDICE A - RESPOSTAS DE DISCENTES SOBRE DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM EM GCC I / UFC

Gerenciamento da Construção Civil I / UFC									
		Você sentiu dificuldades em trabalhar com algum destes assuntos ? Se sim, explique o motivo e aponte possíveis soluções para a(s) dificuldade(s) encontrada(s)							
ALUNO	ANO	ORÇAMENTAÇÃO		PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS		INCORPORAÇÃO		ESTUDO DE VIABILIDADE	
		Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)
A15	2020	Cálculo de BDI	Faltou um aprofundamento maior neste assunto. Não entendi muito bem o conteúdo e nem vi aplicações práticas sobre ele.	Diagrama PERT/CPM	Senti dificuldade com o PERT mas foi por nunca ter feito ele com algo tão complexo quanto o trabalho que foi passado, durante a apresentação o professor nós apontou os erros e foi esclarecedor.	Montagem das tabelas da NBR 12.721	Senti dificuldade com as tabelas da NBR 12.721 porque alguns pontos eram mais difíceis de lembrar, acho que devido a explicação da norma não estar clara.	Montagem de fluxo de caixa	Não fizemos em sala de aula exercícios sobre a montagem de fluxo de caixa, por isso a dificuldade.

APÊNDICE A - RESPOSTAS DE DISCENTES SOBRE DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM EM GCC I / UFC

ALUNO		Gerenciamento da Construção Civil / UFC									
ANO		Você sentiu dificuldades em trabalhar com algum destes assuntos ? Se sim, explique o motivo e aponte possíveis soluções para a(s) dificuldade(s) encontrada(s)									
ALUNO	ANO	ORÇAMENTAÇÃO		PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS		INCORPORAÇÃO		ESTUDO DE VIABILIDADE			
		Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)		
A16	2020	Levantamento de quantitativos; Curva ABC	O projeto não estava bem organizado, assim ficava difícil a contabilização. Ademais, seria interessante que o professor nos desse exemplos da melhor maneira de realizar o levantamento, de maneira a reduzir o tempo e evitar erros, aumentando também a rastreabilidade, visto que o levantamento está sujeito a diversos equívocos por falta de atenção dos estudantes, que ainda não inexperientes no assunto, e demoram bastante para serem corrigidos.	Gráfico de Gantt; Linha de balanço; Histograma e Curva S	Os exemplos passados em sala eram bastante simplistas e meramente ilustrativos em relação ao que tínhamos que fazer no projeto, o qual possuía bem mais detalhes e ramificações, sendo assim bem mais complicado. Uma sugestão seria disponibilizar o planejamento de uma obra real, para que os alunos entendessem como acontece na prática.	Conceitos sobre incorporação imobiliária; Montagem das tabelas da NBR 12.721	A Norma foi abordada de maneira bastante superficial, bem como o conteúdo de incorporação.	Análise da viabilidade de empreendimentos	O conteúdo foi dado de maneira bastante superficial, sem aplicações práticas.		

APÊNDICE A - RESPOSTAS DE DISCENTES SOBRE DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM EM GCC I / UFC

		Gerenciamento da Construção Civil I / UFC									
		Você sentiu dificuldades em trabalhar com algum destes assuntos ? Se sim, explique o motivo e aponte possíveis soluções para a(s) dificuldade(s) encontrada(s)									
ALUNO	ANO	ORÇAMENTAÇÃO		PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS		INCORPORAÇÃO		ESTUDO DE VIABILIDADE			
		Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)		
A17	2020	Levantamento de quantitativos; Cálculo de custos	Senti dúvidas no levantamento de quantitativos e no cálculo dos custos, por isso sugiro um material que oriente como fazer o levantamento de quantitativos em cada projeto e quais os passos da metodologia para o orçamento, quais etapas fazer primeiro e as últimas.	Plano de ataque da obra	Os conceitos sobre o plano de ataque da obra às vezes faziam com que tivesse dúvida sobre como as etapas da obra realmente acontecem, por deficiência que sugiro então uma revisão sobre o sequenciamento das atividades construtivas para facilitar a elaboração do plano de ataque, bem como do planejamento da obra.	Conceitos sobre incorporação imobiliária; Montagem das tabelas da NBR 12.721	Tive dificuldades pois o conteúdo não entrou de forma aprofundada nos conceitos e na norma. Sugiro reforçar mais o tópico e traçar algumas atividades práticas com aplicações de conceitos.	Análise da viabilidade de empreendimentos	Analise da viabilidade de empreendimentos	Não senti segurança ao trabalhar com este conteúdo, mesmo que tenha entendido de forma razoável. Sugiro fortalecer o enfoque dessa última parte do curso com exercícios práticos.	

APÊNDICE A - RESPOSTAS DE DISCENTES SOBRE DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM EM GCC I / UFC

Gerenciamento da Construção Civil I / UFC									
Você sentiu dificuldades em trabalhar com algum destes assuntos ? Se sim, explique o motivo e aponte possíveis soluções para a(s) dificuldade(s) encontrada(s)									
ALUNO	ANO	ORÇAMENTAÇÃO		PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS		INCORPORAÇÃO		ESTUDO DE VIABILIDADE	
		Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)
A18	2020	Composição de custos	O maior problema era a falta de conhecimento sobre os itens necessários para as composições, visto que eu não possuía experiência com obras.	Não senti dificuldades	-	Conceitos sobre incorporação imobiliária	Atribuir e entender o significados dos conceitos, uma vez que era necessário entender os problemas que aparecem em obra.	Não senti dificuldades	-

APÊNDICE A - RESPOSTAS DE DISCENTES SOBRE DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM EM GCC I / UFC

Gerenciamento da Construção Civil I / UFC									
Você sentiu dificuldades em trabalhar com algum destes assuntos ? Se sim, explique o motivo e aponte possíveis soluções para a(s) dificuldade(s) encontrada(s)									
ALUNO	ANO	ORÇAMENTAÇÃO		PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS		INCORPORAÇÃO		ESTUDO DE VIABILIDADE	
		Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)
A19	2020	Composição de custos	Tive dificuldades em compreender a aplicação dos custos onerados e desonerados, e como a oneração é calculada em termos fiscais.	Estrutura Analítica de Projetos (EAP)	Tive dificuldades em compreender e montar a EAP de obras por não ter tido experiências práticas em canteiros de obra. No entanto, após realizar alguns exercícios em sala, o assunto ficou mais claro.	Montagem das tabelas da NBR 12.721	Apesar de ter compreendido o assunto que foi explicado na aula, achei pouco tempo para trabalhar com o assunto, não entrando nos detalhes da norma.	Análise da viabilidade de empreendimentos	Achei o assunto bastante complexo para ser trabalhado em poucas aulas.

APÊNDICE A - RESPOSTAS DE DISCENTES SOBRE DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM EM GCC I / UFC

Gerenciamento da Construção Civil I / UFC									
		Você sentiu dificuldades em trabalhar com algum destes assuntos ? Se sim, explique o motivo e aponte possíveis soluções para a(s) dificuldade(s) encontrada(s)							
ALUNO	ANO	ORÇAMENTAÇÃO		PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS		INCORPORAÇÃO		ESTUDO DE VIABILIDADE	
		Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)
A20	2020	Levantamento de quantitativos	Tive dificuldades em retirar os quantitativos dos projetos em 2D, pois não tinha experiência prévia no assunto.	Gráfico de Gantt	Senti dificuldades em visualizar o gráfico de Gantt por nunca ter trabalhado com isso, nem ter experiência prática.	Não senti dificuldades	-	Análise da viabilidade de empreendimentos	Tive dificuldades pois achei o assunto bastante complexo. Talvez mais aplicações práticas sobre o assunto poderia ter facilitado mais a aprendizagem do conteúdo.

APÊNDICE A - RESPOSTAS DE DISCENTES SOBRE DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM EM GCC I / UFC

Gerenciamento da Construção Civil I / UFC									
Você sentiu dificuldades em trabalhar com algum destes assuntos ? Se sim, explique o motivo e aponte possíveis soluções para a(s) dificuldade(s) encontrada(s)									
ALUNO	ANO	ORÇAMENTAÇÃO		PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS		INCORPORAÇÃO		ESTUDO DE VIABILIDADE	
		Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)
A21	2020	Composição de custos; Cálculo de custos; Métodos de orçamentação	Composição de custos porque acho que faltou uma explicação mais detalhada de como usar os valores das tabelas da seinfra, etc	Níveis de planejamento; Plano de ataque da obra; Linha de balanço	A dificuldade maior foi estabelecer prazos para os serviços da obra, pois não tinha conhecimento sobre isso. Sinto falta de materiais que possam nos orientar quanto aos prazos médios dos serviços.	Não senti dificuldades	-	Análise da viabilidade de empreendimentos	Ao final do trabalho passado em sala de aula, chegamos a um valor "x" de empreendimento, no entanto, creio que faltou uma reflexão maior sobre o que esse valor representava, se estava alto, se estava baixo, se era viável ou não.

APÊNDICE A - RESPOSTAS DE DISCENTES SOBRE DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM EM GCC I / UFC

Gerenciamento da Construção Civil I / UFC									
ALUNO		Você sentiu dificuldades em trabalhar com algum destes assuntos ? Se sim, explique o motivo e aponte possíveis soluções para a(s) dificuldade(s) encontrada(s)							
ANO	ORÇAMENTAÇÃO		PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS		INCORPORAÇÃO		ESTUDO DE VIABILIDADE		
	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	
A22	2020	Cálculo de BDI	Não entendi muito bem o conceito. Acho confuso e impreciso o percentual considerado.	Método do valor agregado	Senti dificuldades nos conceitos dos métodos de orçamentação. Creio que mais aplicações práticas em sala de aula poderiam ter facilitado mais a compreensão do assunto.	Não senti dificuldades	-	Não senti dificuldades	-

APÊNDICE A - RESPOSTAS DE DISCENTES SOBRE DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM EM GCC I / UFC

Gerenciamento da Construção Civil I / UFC									
ALUNO		Você sentiu dificuldades em trabalhar com algum destes assuntos ? Se sim, explique o motivo e aponte possíveis soluções para a(s) dificuldade(s) encontrada(s)							
ANO	ORÇAMENTAÇÃO	PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS		INCORPORAÇÃO		ESTUDO DE VIABILIDADE			
		Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)		
A23	2020	Cálculo de custos; Cálculo de BDI	Acréditto que a mudança de formato presencial para EAD tenha sido fator crucial na minha dificuldade. Sugestão: aplicação de mais exercícios práticos ao final dos conteúdos.	Não senti dificuldades	-	Não senti dificuldades	-	Não senti dificuldades	Apesar disso, sugiro mostrar mais exemplos resolvidos em sala de aula, bem como passar mais atividades para treinar em casa.

APÊNDICE A - RESPOSTAS DE DISCENTES SOBRE DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM EM GCC I / UFC

Gerenciamento da Construção Civil I / UFC									
Você sentiu dificuldades em trabalhar com algum destes assuntos ? Se sim, explique o motivo e aponte possíveis soluções para a(s) dificuldade(s) encontrada(s)									
ALUNO	ANO	ORÇAMENTAÇÃO		PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS		INCORPORAÇÃO		ESTUDO DE VIABILIDADE	
		Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)
A24	2020	Levantamento de quantitativos; Composição de custos	As maiores dificuldades foram em interpretar os projetos e traduzir aquilo que era visto para os materiais necessários. Além disso, como não tínhamos o know-how de como eram feitos muitos dos processos, ficávamos com muitas dúvidas em tópicos que não estavam presentes nas tabelas da SEINFRA para composição de custos, por exemplo.	Plano de ataque da obra; Linha de balanço	Sem experiência, é muito difícil saber exatamente o que vem ou o que tem que vir antes e depois para planejar as etapas da obra. Além disso, na parte de linha de balanço, encontramos dificuldade em encontrar tutoriais ou referências na internet de como se utilizar dos softwares mais comuns (como o MSProject) no mercado para construir essa linha de balanço. Foi necessário fazer na mão com o Excel.	Conceitos sobre incorporação imobiliária	Estudar sobre essa parte de incorporação imobiliária foi a mais enfadonha, pois não consegui relacionar muito bem ao trabalho proposto. Sem dúvidas é importante para a formação profissional, mas para mim ficou meio solta e não sinto que utilizei este conhecimento.		

APÊNDICE A - RESPOSTAS DE DISCENTES SOBRE DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM EM GCC I / UFC

Gerenciamento da Construção Civil I / UFC									
Você sentiu dificuldades em trabalhar com algum destes assuntos ? Se sim, explique o motivo e aponte possíveis soluções para a(s) dificuldade(s) encontrada(s)									
ALUNO	ANO	ORÇAMENTAÇÃO		PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS		INCORPORAÇÃO		ESTUDO DE VIABILIDADE	
		Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)
A25	2020	<p>Cálculo de custos; Métodos de orçamentação; Estimativa de custos (CUB); Curva ABC</p>	<p>Fiquei com dificuldade na parte de custos diretos e indiretos, para solucionar essas dificuldades, tais como outras, seria interessante já se ter um modelo de orçamento e projeto de uma casa simples, servindo assim de um exemplo que poderia ser levado durante toda a disciplina.</p>	<p>Plano de ataque da obra; Controle da produção de obras; Técnicas de rede; Diagrama PERT/CPM</p>	<p>Tendo um modelo para se seguir, mesmo que não abraja tudo, seria muito interessante para se seguir. Ficaria mais fácil se tivéssemos um material para nos orientar em que momentos seria melhor usar o Excel e em que momentos seria melhor usar o MS Project.</p>	<p>Não senti dificuldades</p>	<p>Gostei de como o assunto foi abordado. Uma pena as aulas terem sido online.</p>	<p>Não senti dificuldades</p>	<p>Gostei como o assunto foi abordado.</p>

APÊNDICE A - RESPOSTAS DE DISCENTES SOBRE DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM EM GCC I / UFC

ALUNO		Gerenciamento da Construção Civil I / UFC									
		Você sentiu dificuldades em trabalhar com algum destes assuntos ? Se sim, explique o motivo e aponte possíveis soluções para a(s) dificuldade(s) encontrada(s)									
ANO	ORÇAMENTAÇÃO		PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS		INCORPORAÇÃO		ESTUDO DE VIABILIDADE		Motivo(s)	Motivo(s)	
	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)	Conteúdo(s)	Motivo(s)			
A26	2020	Curva ABC	As dificuldades que ocorreram por não ter tido muitos exercícios para praticar os conteúdos abordados.	Linha de balanço	Senti um pouco de dificuldade para a construção da Linha de Balanço. Tentei fazer no MS Project, porém não consegui. Então fiz no Excel, deu um pouco de trabalho e às vezes durante a construção passava do tempo calculado anteriormente pelo MS Project.	Montagem das tabelas da NBR 12.721	Não houve exercícios sobre montagem de tabelas da NBR 12.721. Apesar de ter sido uma aula mais prática, se a mesma tivesse sido mais aprofundada com a aplicação da norma por inteiro, talvez teria facilitado nossa compreensão.	Análise da viabilidade de empreendimentos	Para a análise da viabilidade de empreendimentos acho válido trabalhar com casos reais. O professor deveria levar os casos, discutir com os alunos como essa viabilidade é feita, quais aspectos analisar, e então esclarecer as principais dúvidas que surgem durante esse processo.		

APÊNDICE B - RESPOSTAS DE DISCENTES SOBRE A INTEGRAÇÃO DO BIM A CONTEÚDOS DE GCC I / UFC

ALUNO	ANO	Integração BIM à Gerenciamento da Construção Civil / UFC									
		P1		P2		P3		P4		P5	
		Para você, o BIM pode ajudar no aprendizado dos conteúdos de GCC I ?		ORÇAMENTAÇÃO		PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS		INCORPORAÇÃO		ESTUDO DE VIABILIDADE	
		Conteúdos	Como ?	Conteúdos	Como ?	Conteúdos	Como ?	Conteúdos	Como ?	Conteúdos	Como ?
A1	2017	Sim	Levantamento de quantitativos; Composição de custos; Curva ABC	Creio que o BIM poderia ser usado como forma de facilitar o trabalho do aluno e posteriormente do engenheiro civil que entrará no mercado, com as extrações automáticas de quantidade e preços dos itens. Mas para isso precisaria de uma maturidade, o aluno tem que saber fazer por meios tradicionais para depois usar métodos mais rápidos e avançados.	Níveis de planejamento; Plano de ataque; EAP; Gráfico de Gantt; Técnicas de rede; Diagrama de precedências ou blocos; Diagrama PERT/CPM; Linha de balanço	Todos os citados o BIM poderia ajudar ao simular a obra virtualmente e, assim, se conseguir um planejamento melhor de forma geral.	-	Nesse tópico creio que não existe.	Montagem do fluxo de caixa; Análise da viabilidade de empreendimentos	O BIM poderia ajudar o processo a se tornar mais rápido.	
A2	2016	Sim	Levantamento de quantitativos	Embora o BIM possa ser usado pra muito mais do que levantamento de quantitativos, não creio ser produtivo que se perca tempo para fazer isso em uma disciplina da graduação. Torná-lo "obrigatório" para cálculo dos quantitativos no trabalho da disciplina já seria algo muito bom. Para que se ensinasse mais que isso, demandaria um tempo muito grande.	Gráfico de Gantt	A utilização do BIM, integrando a modelagem com o cronograma, não só seria um benefício profissional ao estudante, mas tornaria o processo de orçamentação mais concreto.	-	Não consigo pensar em um meio de integrar BIM a esses assuntos.	-	Não consigo pensar em um meio de integrar BIM a esses assuntos.	
A3	2019	Sim	Levantamento de quantitativos	O BIM pode ajudar no levantamento de quantitativos pois além da extração de tabelas de materiais e quantidades do próprio software ele auxilia na visualização em 3D dos projetos, facilitando então o entendimento dos diversos componentes da edificação.	Plano de ataque; EAP; Gráfico de Gantt; Linha de balanço	Acredito que tanto para o Plano de Ataque da Obra, como para EAP quanto para Linha de balanço e Gráfico de Gantt o BIM pode ajudar na visualização do projeto em relação ao tempo, por meio de simulações. Os diversos componentes e sistemas prediais também podem ser mais facilmente compreendidos, facilitando o planejamento ao longo do tempo.	-	Não consigo identificar, mas provavelmente há alguma questão que o BIM possa ajudar.	-	Não consigo identificar, mas provavelmente há alguma questão que o BIM possa ajudar.	
A4	2016	Sim	Levantamento de quantitativos; Composição de custos; Curva ABC	O levantamento de quantitativos é feito de forma muito prática com o BIM pelas tabelas dinâmicas, e o cálculo dos custos diretos e indiretos pode ser feito a partir desse levantamento, bem como a curva ABC.	Plano de ataque; Gráfico de Gantt; Histograma e Curva S	Através do BIM 4D pode ser definido o plano de ataque, pode ser feito o planejamento no tempo e consequentemente o controle por histogramas e pela curva S.	-	Não enxergo como pode ajudar neste sentido.	-	Não enxergo como pode ajudar neste sentido.	
A5	2016	Sim	Levantamento de quantitativos; Composição de custos	A utilização do BIM para o levantamento de quantitativos pode proporcionar uma economia de tempo muito grande quando se comparado ao levantamento sem o uso de tecnologias.	Gráfico de Gantt; Diagrama PERT/CPM; Linha de balanço	Se auxiliado pelo BIM, o planejamento pode se tornar mais eficiente, proporcionando economia de tempo no processo.	-	Não sei como o BIM poderia entrar nessa parte.	Análise da viabilidade de empreendimentos	Existem softwares no mercado que possibilitam uma análise da viabilidade de empreendimentos de forma mais apurada. O uso desses softwares na disciplina poderia oferecer ao aluno uma visão mais aproximada ao mercado.	

APÊNDICE B - RESPOSTAS DE DISCENTES SOBRE A INTEGRAÇÃO DO BIM A CONTEÚDOS DE GCC I / UFC

ALUNO	ANO	P1		P2		P3		P4		P5	
		Para você, o BIM pode ajudar no aprendizado dos conteúdos de GCC I ?		ORÇAMENTAÇÃO		Se sim em "PO", em quais conteúdos de GCC I você acha que o BIM pode ser integrado em ...		INCORPORAÇÃO		ESTUDO DE VIABILIDADE	
		Conteúdos	Como ?	Conteúdos	Como ?	Conteúdos	Como ?	Conteúdos	Como ?	Conteúdos	Como ?
A6	2016	Levantamento de quantitativos; Composição de custos; CUB; Curva ABC	As ferramentas do BIM se bem utilizadas podem facilitar o levantamento de quantitativos dos projetos, bem como a obtenção dos custos de cada elemento disposto no projeto, facilitando a elaboração do orçamento e uma análise mais visual do mesmo, através da obtenção do CUB e da Curva ABC.	Níveis de planejamento; Plano de ataque; Gráfico de Gantt; Diagrama PERT/CPM; Linha de balanço; Histograma e Curva S	O BIM poderia contribuir por meio da simulação 4D, ou seja, através de simulações envolvendo tempo, onde se poderia analisar com maior facilidade os níveis de planejamento, o Gráfico de Gantt, entre outros.	-	Não sei responder.	Montagem do fluxo de caixa; Análise da viabilidade de empreendimentos	Até o momento não sei responder.	Montagem do fluxo de caixa; Análise da viabilidade de empreendimentos	Até o momento não sei responder.
A7	2017	Levantamento de quantitativos; Composição de custos; Cálculo de BDI; Curva ABC	Através de ferramentas BIM, pode-se adicionar informações aos elementos dispostos nos projetos, facilitando a extração de quantitativos e de custos.	Níveis de planejamento; Gráfico de Gantt; Diagrama de precedências ou blocos; Diagrama PERT/CPM; Linha de balanço; Histograma e Curva S	Existem softwares, como o Navisworks, que podem vincular o modelo 3D ao cronograma da obra, possibilitando a realização de simulações da construção.	Montagem das tabelas da NBR 12.721	O BIM poderia de alguma forma deixar o processo da montagem das tabelas de forma mais automatizada. Assim, as informações dos projetos poderiam ser vinculadas à planilha a qual estão sendo elaboradas as tabelas da Norma.	Análise da viabilidade de empreendimentos	O BIM pode facilitar a escolha do usuário se o investimento é viável ou não. Existem diversos softwares no mercado que possibilitam uma análise de viabilidade de forma mais apurada.	Análise da viabilidade de empreendimentos	O BIM pode facilitar a tomada de decisão do usuário em processos de análise da viabilidade de empreendimentos. Simulações podem ser feitas para observar qual cenário é o mais viável em termos econômicos, por exemplo.
A8	2016	Levantamento de quantitativos; Composição de custos; Curva ABC	Facilmente o aluno pode obter quantitativos de materiais e seus custos por meio de softwares BIM.	Gráfico de Gantt; Diagrama PERT/CPM; Linha de balanço; Histograma e Curva S	O aluno pode utilizar recursos BIM para facilitar a montagem dos cronogramas, visualização do Gantt, linha de balanço, caminho crítico, etc.	-	Não sei como integrar o BIM à esta parte.	Análise da viabilidade de empreendimentos	O BIM pode facilitar a tomada de decisão do usuário em processos de análise da viabilidade de empreendimentos. Simulações podem ser feitas para observar qual cenário é o mais viável em termos econômicos, por exemplo.	Análise da viabilidade de empreendimentos	O BIM pode facilitar a tomada de decisão do usuário em processos de análise da viabilidade de empreendimentos. Simulações podem ser feitas para observar qual cenário é o mais viável em termos econômicos, por exemplo.
A9	2020	Levantamento de quantitativos	No levantamento de quantitativos seria muito mais fácil.	Controle da produção de obras; EAP; Gráfico de Gantt	Ficaria mais fácil visualizar o planejamento do empreendimento.	-	Não sei informar.	-	Não sei informar.	-	Não sei informar.
A10	2020	Levantamento de quantitativos	Autoexplicativo, mas o BIM facilita trabalhos de contagem, medição de paredes no cad, etc, tornando-se bem mais prático e intuitivo e passando uma sensação de aprendizado maior.	Níveis de planejamento; Plano de ataque; Controle de produção; EAP; Gráfico de Gantt; Técnicas de rede; Diagrama de precedências ou blocos; Diagrama PERT/CPM; Linha de balanço; Histograma e Curva S.	Se os alunos trabalhassem realmente em BIM acredito que todos esses tópicos seriam contemplados, já que trabalhar em BIM significa pensar no ciclo de vida da edificação inteira.	Montagem das tabelas da NBR 12.721	Acredito que um software como o REVIT tem muito a colaborar pra facilitar o trabalho neste ponto.	-	Não sei informar.	-	Não sei informar.

APÊNDICE B - RESPOSTAS DE DISCENTES SOBRE A INTEGRAÇÃO DO BIM A CONTEÚDOS DE GCC I / UFC

ALUNO	ANO	Integração BIM à Gerenciamento da Construção Civil I / UFC									
		P1		P2		P3		P4		P5	
		Para você, o BIM pode ajudar no aprendizado dos conteúdos de GCC I ?		ORÇAMENTAÇÃO		Se sim em "PO", em quais conteúdos de GCC I você acha que o BIM pode ser integrado em ...		INCORPORAÇÃO		ESTUDO DE VIABILIDADE	
		Conteúdos	Como ?	Conteúdos	Como ?	Conteúdos	Como ?	Conteúdos	Como ?	Conteúdos	Como ?
A11	2020	Não	Levantamento de quantitativos; Composição de custos; Cálculo de custos	Essa parte de quantitativos poderia ser absurdamente beneficiada por um processo automatizado como o BIM, uma vez que trata-se de um trabalho repetitivo que agrega pouco valor. O BIM em si não proporciona aquisição de conhecimento mas permite que nos dediquemos as coisas que de fato agregam e nos estimulam como alunos.	Plano de ataque; Diagrama de precedências ou bloco; Diagrama PERT/CPM	Creio que a vantagem visual do BIM, uma das melhores, seria de grande ajuda para visualizar essas partes do projeto e ajudariam muito na sua execução.	Montagem das tabelas da NBR 12.721	Ajudaria com a automatização do processo.	Montagem de fluxo de caixa	No que diz respeito a melhor visualização do projeto, facilitando a concepção do fluxo de atividades.	
A12	2020	Sim	Plano de contas	Acho que o BIM poderia ajudar no "plano de contas" devido a facilidade com que trabalhar com ferramentas auxiliares ajudam no entendimento de certas matérias.	Nivelamento de recursos	Acredito que o BIM possa ajudar na análise no "nivelamento de recursos" para que de mais agilidade a essa parte da matéria já que poderíamos observar várias opções mais facilmente.	-	Não sei informar.	-	Não sei informar.	
A13	2020	Sim	Levantamento de quantitativos	Ao ter uma planta em formato BIM, a retirada de quantitativos torna-se automática, mais simples.	Níveis de planejamento; Plano de ataque; Controle da produção de obras; Linha de balanço	Acredito que as ferramentas BIM, por serem inteligentes, possa otimizar a tomada de decisões no que diz respeito ao sequenciamento dos passos da obra.	-	Acho que o BIM não ajudaria aqui.	-	Acho que o BIM não ajudaria aqui.	
A14	2020	Sim	Levantamento de quantitativos; Métodos de orçamentação	Levantamento de quantitativos com as informações do modeladas no BIM pode ser facilmente exportado para uma planilha e finalizado o orçamentação por lá ou até incluir os custos unitários na própria modelagem e só exportar, a última ajudando no método de orçamentação.	Níveis de planejamento; Plano de ataque da obra; Controle da produção de obras; EAP; Gráfico de Gantt	Os 5 pontos marcados se integram utilizando as noções de planejamento e a aplicação em no "Navisworks", por exemplo.	-	Não consigo visualizar, mas pode ajudar, pois possui o projeto volumétrico e com informações.	Formação de preço; Montagem do fluxo de caixa; Análise da viabilidade de empreendimentos	Nos 3 pontos tem como auxiliar, não fazer somente pelo BIM, mas poder complementar aliando ao projeto modelado.	
A15	2020	Não	Levantamento de quantitativos	Evita-se trabalho repetitivo ao visualizar projetos no cad para quantificação dos materiais.	-	Não sei informar.	-	Não sei informar.	-	Não sei informar.	

APÊNDICE B - RESPOSTAS DE DISCENTES SOBRE A INTEGRAÇÃO DO BIM A CONTEÚDOS DE GCC I / UFC

ALUNO	ANO	Integração BIM à Gerenciamento da Construção Civil / UFC											
		P1		P2		P3		P4		P5			
		Para você, o BIM pode ajudar no aprendizado dos conteúdos de GCC I ?		Se sim em "PO", em quais conteúdos de GCC I você acha que o BIM pode ser integrado em ...		Se sim em "PO", em quais conteúdos de GCC I você acha que o BIM pode ser integrado em ...		Se sim em "PO", em quais conteúdos de GCC I você acha que o BIM pode ser integrado em ...		Se sim em "PO", em quais conteúdos de GCC I você acha que o BIM pode ser integrado em ...			
ORÇAMENTAÇÃO		PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS		INCORPORAÇÃO		ESTUDO DE VIABILIDADE							
Conteúdos	Como ?	Conteúdos	Como ?	Conteúdos	Como ?	Conteúdos	Como ?	Conteúdos	Como ?				
A16	2020	Sim	Levantamento de quantitativos	Visualização mais fácil dos materiais em que se estão sendo quantificados.	Controle da produção de obras	Por meio de uma simulação da construção virtual.	Como ?	-	Não sei informar.	-	Não sei informar.	Como ?	Não sei informar.
A17	2020	Sim	Levantamento de quantitativos; Composição de custos; Métodos de orçamentação; CUB; Curva ABC	Diversas são suas possibilidades de aplicação. Através de softwares de modelagem, pode-se visualizar mais facilmente o processo e extrair as informações com mais segurança.	Plano de ataque; Controle da produção de obras; Linha de balanço.	Ao usar softwares BIM de planejamento, pode-se realizar uma simulação da construção, visualizando melhor o projeto, bem como elaborando cenários que melhor se adequem à necessidade do engenheiro de planejamento.	Como ?	-	Acredito que o BIM não possui aplicações nesta seção.	-	Poderia agregar as tabelas Seimfra ou sinapi nas composições para formar o orçamento e viabilidade do negócio.	Como ?	
A18	2020	Sim	Levantamento de quantitativos; CUB; Curva ABC	Como no BIM temos todos os materiais e elementos do projeto imputados, acho que é fácil de se levantar os quantitativos e estimar os custos dos projetos através dele. Além disso, pode-se também por meio disso formular uma curva ABC.	-	Não sei informar.	Como ?	Montagem das tabelas da NBR 12.721	Acredito que as tabelas podem ser montadas de uma maneira mais automatizada por meio de ferramentas BIM.	-	Não sei informar.	Como ?	Não sei informar.
A19	2020	Sim	Levantamento de quantitativos	O Revit, que foi o software que eu usei, retorna todo o quantitativo do projeto, porém foi necessário modelar tudo.	Plano de ataque; Controle da produção de obras	É possível acompanhar a obra e ir alimentando o programa, entendendo que assim pode se ter um controle maior na produção da obra.	Como ?	-	Não sei informar.	-	Não sei informar.	Como ?	Não sei informar.
A20	2020	Sim	Levantamento de quantitativos	O BIM toma o processo de levantamento de quantitativos bastante rápido e fácil. Isso permite que os alunos dediquem mais tempo estudando outros conceitos abordados na disciplina.	Níveis de planejamento; Plano de ataque; EAP; Gráfico de Gantt	Por meio de softwares BIM, é possível simular a obra, analisando o andamento da obra ao longo do tempo, auxiliando na definição da sequência das atividades da obra a se realizar, visualizando tal planejamento de uma maneira de mais fácil compreensão.	Como ?	Montagem das tabelas da NBR 12.721	Acredito que seja possível realizar a montagem das tabelas de forma mais automatizada através de softwares BIM.	-	Não sei informar.	Como ?	Não sei informar.

APÊNDICE C – VANTAGENS E DESVANTAGENS DA INTEGRAÇÃO DO BIM À GCC I / UFC

Integração BIM à Gerenciamento da Construção Civil I / UFC			
ALUNO	ANO	P1	P2
		Existem VANTAGENS ao integrar o BIM à disciplina de GCC I? Comente sua resposta.	Existem DESVANTAGENS ao integrar o BIM à disciplina de GCC I? Comente sua resposta.
A1	2017	Creio que a principal é preparar o aluno para o mercado de trabalho de uma forma melhor.	Creio que os laboratórios atualmente não seriam adequados para realizar essas atividades e poucos alunos teriam notebook/computador que isso pudesse ser feito.
A2	2016	Acredito que seja um momento para estimular a aprendizagem do BIM aos alunos e mostrá-los suas vantagens. Pra isso, é fundamental que haja monitores capazes de auxiliar os alunos durante a prática.	Olhando a prática, como o trabalho é feito equipe, é bem provável que apenas um integrante seja responsável por elaborar o modelo e aprender os softwares BIM. Para contornar a situação, pode-se fazer trabalhos com projetos simples, de residências, por exemplo, mas individuais.
A3	2019	O BIM contribui para a compreensão do projeto como um todo, facilitando o orçamento e o planejamento das obras.	Acredito que a desvantagem estaria apenas em fazer os alunos imaginarem que o processo tradicional e conceitual é de menos importância.
A4	2016	O BIM é a filosofia de gestão na construção civil mais atual no mercado, e está cada vez mais implantado nas empresas. É essencial este conhecimento para que os alunos possam entrar no mercado de trabalho. Além disso, o ensino através de prática traz várias vantagens que ajudam na fixação do que foi ensinado.	Necessário que a cadeira de BIM seja obrigatória e anterior a Gerenciamento, ou aumentar a carga horária. De repente, transformando em duas disciplinas.
A5	2016	Não utilizamos o BIM durante nossa disciplina em 2016.1, mas creio que o trabalho em grupo que fizemos ao final da disciplina não teria ficado tão segmentado (ao invés de integrado). Tivemos de dividir as tarefas, sem ter tempo de conferir o trabalho uns dos outros. Tivemos de confiar cegamente em cada colega da equipe que faria sua parte corretamente.	Se deixarmos para aprender a utilizar as ferramentas BIM apenas na disciplina de GCC I, perderemos bastante tempo da disciplina para isso. É ideal que já cheguemos ao sétimo semestre com essa bagagem de conhecimento.
A6	2016	O BIM é um recurso essencial à formação dos alunos. É indispensável que alunos trabalhem com estes recursos, pois assim, ao se formarem, estarão aptos à demanda do mercado. Seus recursos podem colaborar bastante nos processos de orçamentação e planejamento de uma obra.	A principal desvantagem é o tempo que os alunos terão que se dedicar à aprender a mexer nas ferramentas, pois não há disciplinas anteriores à GCC I que incentivem o uso do BIM.
A7	2017	É indiscutível a vantagem da utilização das ferramentas BIM para facilitar a visualização dos projetos, o que pode facilitar o aprendizado dos alunos, principalmente se não tiverem experiências prévias no assunto.	Nem sempre o BIM proporciona vantagens aos processos, pois tudo depende do nível de detalhes em que o projeto está sendo modelado, bem como a familiaridade do operador com as ferramentas BIM. Em certos momentos o investimento de tempo ao utilizar o BIM será muito maior do que realizar o processo de forma mais simples, então cabe ao usuário identificar a melhor alternativa ao objetivo em que se deseja atingir.
A8	2016	O BIM pode facilitar o trabalho do professor e favorecer a aprendizagem dos alunos através do levantamento de quantitativos e análise de custos, bem como na elaboração do cronograma da obra de forma mais visual e prática, favorecendo o entendimento de conteúdos muitas vezes considerados complexos.	Os alunos podem ficar mal acostumados a utilizarem apenas as ferramentas e não entenderem o processo o qual estão realizando, trazendo assim prejuízos à aprendizagem.
A9	2020	Ao longo da disciplina utilizei o BIM para modelar a arquitetura do projeto em estudo para extração de quantitativos, e como esperado, sua utilização foi positiva, tanto em facilitar a extração dos quantitativos como em conhecer melhor o método construtivo usado, visualizar a edificação de forma mais fácil e entender os processos.	Quem está mexendo com o BIM pela primeira vez pode ser um pouco complicado e desestimulante.
A10	2020	Automatização.	Bim ainda é complexo.

APÊNDICE C (CONTINUAÇÃO) – VANTAGENS E DESVANTAGENS DA INTEGRAÇÃO DO BIM À GCC I / UFC

Integração BIM à Gerenciamento da Construção Civil I / UFC			
ALUNO	ANO	P1	P2
		Existem VANTAGENS ao integrar o BIM à disciplina de GCC I? Comente sua resposta.	Existem DESVANTAGENS ao integrar o BIM à disciplina de GCC I? Comente sua resposta.
A11	2020	A facilidade de desenvolver certas atividades que executamos no projeto, a ser algo que nos servirá pro futuro também ajudou no nosso engajamento com a ferramenta.	Não vi nenhuma desvantagem a princípio.
A12	2020	O BIM ajudaria muito no processo é um ferramenta, não creio que mudaria minha compreensão dos conceitos. Agora facilitaria o trabalho para que pudéssemos nos dedicar ao que realmente importa.	Usar o BIM pela primeira vez deu mais trabalho do que fazer da forma tradicional, ou seja, usando autocad e outras ferramentas mais básicas.
A13	2020	O levantamento de quantitativos seria mais rápido. Sei que é complicado, mas seria interessante apresentar softwares como o Oracle primavera que é bem integrado e ilustrativo.	Não encontrei desvantagens até o momento.
A14	2020	Creio que deva ajudar a visualizar melhor a obra e compreender melhor o processo, mas requeriria um acompanhamento bem robusto para ajudar os alunos a utilizarem efetivamente o BIM à disciplina.	Necessita de um acompanhamento muito maior e uma preparação muito melhor do projeto.
A15	2020	Acreito que usar o BIM ajuda para a otimização de tempo ao longo do processo de construção, e por todas as possibilidades de análise que a plataforma oferece.	Não acho que há desvantagem.
A16	2020	Acredito que o uso do BIM torne o processo de projeto e construção mais eficiente.	Nem todos os alunos têm familiaridade para modelar um projeto em BIM.
A17	2020	Quantitativos de forma automática, rapidez para a realização do orçamento. Apresentar uma volumetria com informações dentro.	É difícil conciliar com a disciplina se o projeto for muito grande e/ou muito detalhado, pois requer um domínio que não é estimulado em outras cadeiras, então no meio do semestre a pessoa acaba abandonando e volta a fazer manualmente.
A18	2020	Agiliza o quantitativo, se você souber usar ele para fazer tal função. Eu creio que facilita a tomada de decisão e é bastante confiável, comparado a tirar tudo manualmente do CAD.	Não visualizei.
A19	2020	O BIM é a mais nova tendência do mercado e é imprescindível que seja trabalhado na disciplina de gerenciamento. Muitas pessoas não têm pratica, então acho válido os monitores fazerem um mini manual da utilização do BIM nessa disciplina.	A única desvantagem pode ser para os alunos que não tem prática no BIM, ademais ele permite uma imensa economia de tempo para a realização das atividades.
A20	2020	O mercado de trabalho tende a trabalhar com o BIM e é importante que os alunos se formem atualizados com as inovações na engenharia e mais capacitados, até porque essa ferramenta pode otimizar bastante o processo de levantamento.	Por os alunos não possuem tanta experiência com ferramentas BIM em outras disciplinas, o trabalho, ao invés de ser simplificado, pode se tornar mais complicado com o uso do BIM, por isso minha equipe preferiu não usar.

Fonte: O autor.

APÊNDICE D – PUBLICAÇÕES DO ENEBIM RELACIONADAS AO ENSINO DE GERENCIAMENTO DA CONTRUÇÃO

a) Publicação 1: Elaboração de templates para orçamentação

Castro e Travassos (2018) comentaram sobre a importância do envolvimento da equipe de orçamento na fase de desenvolvimento do projeto e do desenvolvimento de *templates* que foquem em elementos compatíveis com as tabelas de serviços disponíveis. Segundo os autores, em relação às competências BIM, são desenvolvidas as competências operacionais, através de simulação da obra, levantamento de quantidades e estimativas de custos; as competências técnicas, por meio da prática de modelagem e de gestão do modelo; e as competências de implementação, através da padronização dos componentes e das tabelas.

b) Publicação 2: Roteiro didático para extração de quantitativos

Pereira e Ribeiro (2018) propuseram um roteiro didático para o processo de extração de quantitativos, ao qual pode ser utilizado de forma interdisciplinar nos cursos de Engenharia Civil e Arquitetura. O roteiro consiste nos seguintes capítulos: 1 - Parâmetros do *Template* (Manuseio do software); 2 - Modelagem Virtual (Revisão dos sistemas construtivos); 3 - *Sharing* (Diretrizes quanto ao compartilhamento de informações); e 4 - Revisão das Limitações no que diz respeito à insuficiência no sistema de orçamento que não computa alguns serviços necessários da obra.

c) Publicação 3: Uso de programação para estudos de viabilidade

Andrade e Griz (2019) desenvolveram uma sequência lógica (programação) para o estudo de massas e de viabilidade de execução de um empreendimento. Um modelo de programação visual se vincula a ferramentas BIM e gera dados automáticos sobre área, volume, coeficiente de utilização, gabarito, etc. O modelo então é exportado e visualizado no Google Earth possibilitando melhor visualização. O processo é repetido até que se chegue a uma solução desejada. Após encontrada a solução, o modelo passa pelo processo de impressão 3D para que se compreenda melhor as características de sua massa.

- d) Publicação 4: Uso do BIM através do método ABPj no ciclo de vida da edificação

Barbosa, Sousa e Gonçalves (2019) comentaram sobre uma experiência didática envolvendo uma disciplina que utiliza o método de ABPj. Nela, usa-se o BIM para o desenvolvimento de um empreendimento, desde a etapa de concepção projetual, onde os alunos escolhem um terreno na cidade, realizam o estudo de viabilidade, até a execução propriamente dita do projeto, e análise dos mecanismos relacionados à operação percorrendo todo o ciclo de vida da edificação.

- e) Publicação 5: Utilização de template BIM voltado a conteúdos de gerenciamento da construção e análise das competências desenvolvidas

Flores e Saraiva (2019) propuseram um framework didático (ou *template*) para disciplina de “modelos informacionais: projetos e obras”. O *template* contempla os conteúdos de gerenciamento de projetos, coordenação BIM 3D, gestão de obras, e planejamento BIM 4D. Nestes conteúdos são trabalhados os campos de fundamentação teórica, atividades práticas, habilidades desenvolvidas e instrumentos aplicados, competências desenvolvidas, entre outros. Diversos são os instrumentos aplicados, entre ferramentas BIM e de gestão, como Tekla BIM Sight, Revit, Navisworks, MS Project, Canvas, etc. Em relação às competências desenvolvidas, o conteúdo de gerenciamento de projetos envolve o planejamento multidisciplinar, o trabalho cooperativo, e a comunicação em projetos; a coordenação BIM 3D envolve a responsabilidade técnica, o planejamento de projetos BIM, e a coordenação de projetos BIM; a gestão de obras envolve a visão sistêmica: projeto-planejamento da obra; e o planejamento BIM 4D envolve a lógica o planejamento da obra, a visão sistêmica qualidade modelagem-precisão do planejamento 4D. Além disso, todos os conteúdos mencionados também trabalham com as competências de projeto colaborativo, planejamento e organização do projeto, coordenação, monitoramento, negociação e mediação de conflitos.

- f) Publicação 6: Uso de recursos BIM integrados a projetos de fundação

Giesta e Costa (2019) propuseram a utilização do BIM para trabalhar com projetos de fundação. Os discentes inicialmente aprendem a calcular o volume de concreto utilizado nas sapatas através do método tradicional, ou seja, com o uso de fórmulas e de calculadora. Em

seguida, os mesmos utilizam o Revit para modelar e extrair os quantitativos. Por fim, os resultados são comparados.

- g) Publicação 7: Aplicações práticas do BIM para o ensino de avaliação dos custos de construção através da NBR 12.721:2006

Borges et. al (2021) comentam sobre aplicações práticas do BIM para a avaliação dos custos de construção para incorporação em uma disciplina de Gerenciamento da Construção. Nesta, são utilizadas ferramentas do BIM, como o software Revit e Inventor, para facilitar a compreensão dos alunos no processo de montagem das tabelas da NBR 12.721:2006.

- h) Publicação 8: Aplicações práticas do BIM para o ensino de levantamento de quantitativos e de custos

Borges, Lima e Barros Neto (2021) comentam sobre aplicações práticas do BIM para o levantamento de quantitativos e de custos em uma disciplina de Gerenciamento da Construção. Nesta, utiliza-se o software Revit para facilitar a extração de quantitativos e de custos de um projeto fictício, beneficiando a compreensão do processo de levantamento pelos discentes.

- i) Publicação 9: Aplicações práticas do BIM para o planejamento e o controle de execução de uma obra

Borges, Lima e Barros Neto (2021) comentam sobre aplicações práticas do BIM para o planejamento e controle de execução da construção em uma disciplina de Gerenciamento da Construção. Nesta, utilizam-se ferramentas BIM, como o software Revit e Navisworks, para simular a execução de uma obra através da construção virtual, possibilitando que discentes compreendam com maior facilidade como deve ser feito o planejamento e o controle de uma obra de forma eficiente.

j) Publicação 10: BIM 4D e 5D aplicado à disciplina de orçamento de empreendimentos

Castro (2021) comenta sobre a utilização de ferramentas BIM para a disciplina de orçamento de empreendimentos. Inicialmente são extraídos os quantitativos por meio de software de orçamento ou utilizando *plugins* de orçamento instalados em software modelador 3D. Em seguida, para o planejamento de obras, utiliza-se o software Navisworks, estabelecendo relação de dependência entre as atividades, definindo prazos e equipes necessárias para a execução da obra. Ao final, são promovidas simulações 4D do empreendimento, as quais possibilitam visualizar a evolução construtiva do empreendimento.

k) Publicação 11: BIM e o ensino híbrido para gestão da construção

Lima e Melo (2021) comentam sobre a utilização do BIM e do ensino híbrido para a gestão da construção. Inicialmente foi necessária uma abordagem teórica sobre os fundamentos do BIM com os discentes. Em seguida, deu-se início à prática de modelagem da disciplina de arquitetura de uma residência unifamiliar através do software Revit com o objetivo de extrair quantitativos e realizar uma simulação 4D pelo software Navisworks. Ao longo da experiência de sala invertida, utilizou-se quatro estações de trabalho, entre dramatização, mapas mentais, vídeo BIM e plano de implementação, com duração de 15 minutos cada e rotação dos alunos pelas estações. A metodologia de ensino ativa, como a apresentada, fortalece a autonomia dos discentes e o trabalho colaborativo, habilidades essenciais para o sucesso de uma implementação BIM.

APÊNDICE E – PUBLICAÇÕES INTERNACIONAIS RELACIONADAS AO ENSINO DE GERENCIAMENTO DA CONTRUÇÃO

a) Publicação 1: Programa BIM na South Dakota State University

Segundo Huang (2018) um curso composto de três módulos na *South Dakota State University* buscou relacionar aplicações práticas do BIM voltadas a área de Gerenciamento da Construção à taxonomia de Bloom (1983).

Huang (2018) comenta que o primeiro módulo, chamado de “fluxo de trabalho do BIM”, trouxe referência aos níveis “conhecer” e “compreender” da taxonomia, onde se objetivou entender os fundamentos do BIM e seu campo de aplicação na área de Gerenciamento da Construção, bem como descrever os níveis de desenvolvimento (LOD) e analisar o plano de execução BIM. O módulo teve duração de quatro semanas e trouxe a ideia de como iniciar um projeto de construção utilizando o BIM como uma ferramenta de gerenciamento. O autor comenta ainda que comumente assuntos introdutórios sobre o BIM costumam ser ignorados em diversos dos cursos de Gerenciamento da Construção, no entanto, são muito importantes para que discentes entendam como o BIM pode contribuir no processo.

Quanto ao segundo módulo, conhecido por “aplicações básicas do BIM”, Huang (2018) comenta que foram contemplados os níveis “aplicar” e “analisar” da taxonomia. O módulo teve duração de cinco semanas e objetivou entender o funcionamento das ferramentas BIM por meio da elaboração de um modelo-base. As aulas foram divididas entre teóricas e práticas. Quanto aos assuntos contemplados estão a estimativa de quantitativos de materiais e custos por meio do software Revit; a programação de atividades, logística do canteiro de obras e detecção de conflitos através do software Navisworks; e o controle de documentos por meio do Bluebeam Revu. O autor considera ainda que após os discentes concluírem os dois primeiros módulos do curso, espera-se que já estejam aptos a utilizarem ferramentas BIM de forma eficiente, atendendo às exigências do mercado de trabalho.

Por fim, no terceiro módulo, denominado “aplicações avançadas do BIM”, Huang (2018) informa que foram referenciados os dois últimos níveis da taxonomia (Avaliar; e Criar), onde se procurou vincular o BIM à metodologia ABP para resolver problemas de gerenciamento. Através da ABP, procurou-se associar ferramentas BIM a tecnologias complementares, como digitalização a laser e caminhamento em tempo real. No processo de digitalização a laser, inicialmente os alunos aprenderam os fundamentos de utilização dessa tecnologia. Em seguida, utilizaram o scanner em uma aplicação prática, coletando nuvens de

pontos. Mais adiante, em uma sessão de laboratório, aprenderam a processar a nuvem de pontos coletada por meio do software FARO Scene e ReCap, bem como elaborar modelos de arquitetura e de estruturas com o auxílio do Revit. Após a elaboração do modelo no Revit, procurou-se o exportar ao software 3DS Max. Para finalizar o processo, o modelo foi exportado ao software Stingray com o objetivo de oferecer uma experiência de jogo interativo aos alunos para a análise do projeto e verificação de sua viabilidade em tempo real.

b) Publicação 2: Programa BIM na Prince Sultan University

Segundo Yi e Yun (2018), o curso Tópicos especiais BIM em Gerenciamento da Construção (EM 428) proporcionou aos alunos da *Prince Sultan University*, na Arábia Saudita, a formação de um sólido conhecimento através da teoria e da prática. Segundo os autores, o curso foi dividido em duas partes, uma teórica e outra prática, com importância equivalente, e teve o objetivo de apresentar aos discentes os benefícios do BIM à indústria AEC, por meio da análise das diferenças entre projetos 2D e 3D e do relacionamento entre as ferramentas BIM e os conteúdos de gerenciamento.

Yi e Yun (2018) comentam que ao início do curso, o instrutor forneceu aos discentes um projeto estrutural de concreto armado elaborado no software Autocad 2D. Os alunos foram então solicitados a exportar o projeto do Autocad ao software Revit com o intuito de criar um modelo estrutural em 3D e o analisar através do software Tekla Structure. Ao vincular o modelo estrutural ao arquitetônico, os alunos definiram os materiais utilizados no projeto, como: tipo de piso, de porta, telhado, e extraíram vários desenhos do modelo, como plantas, seções, elevações, vistas isométricas e em perspectiva, vistas de renderização. Em seguida, iniciou-se a extração dos quantitativos com o Revit dos materiais utilizados no modelo. Os quantitativos foram divididos em duas seções: quantitativos do modelo estrutural, consistindo em fundação, vigas, lajes, paredes e escada, basicamente todos em concreto armado, e quantitativos do modelo arquitetônico, consistindo em portas, janelas, revestimentos, corrimãos, etc. Após a extração dos quantitativos, iniciou-se a análise dos custos dos materiais, da mão de obra e dos equipamentos, para estimar o custo total de construção. Depois de calcular os custos de projeto, os alunos organizaram o cronograma das atividades a serem realizadas na obra por meio do software Primavera P6. Em seguida, o arquivo do Primavera P6 e o modelo 3D do Revit foram exportados ao software Navisworks, iniciando assim o desenvolvimento de um modelo 4D. Após diversas informações serem inseridas ao modelo, como duração da obra e orçamento da construção, tornou-se possível elaborar simulações sobre o progresso da

construção e a detecção de conflitos (*clash detection*), com o intuito de mostrar aos discentes sobre a possibilidade de identificar erros no projeto antes da execução da obra.

c) Publicação 3: Módulos de colaboração e coordenação na aprendizagem BIM

Bozoglu (2016) comenta que alguns workshops costumam ser realizados para aprimorar o contato do aluno com as ferramentas BIM. Como exemplo, o autor comenta que um workshop foi proposto para desenvolver uma solução para um problema real, através do método ABP. O curso foi organizado por um instrutor e um gerente BIM. Na etapa de revisão de projetos, os alunos puderam visualizar um modelo 3D e analisar os diversos aspectos do projeto. Entre os benefícios da utilização do BIM nessa etapa estão: analisar diferentes soluções de projeto, facilmente visualizadas e ajustadas para o atendimento da necessidade dos clientes; tornar a revisão do projeto mais objetiva e eficiente; avaliar a eficácia do projeto quanto ao atendimento dos critérios estabelecidos pelos clientes; melhorar o desempenho da edificação, por meio de um projeto melhor elaborado; facilitar a comunicação entre projetista, equipe de construção e usuário final, obtendo feedbacks mais rápidos; melhorar a coordenação da equipe de construção; e eliminar a necessidade de elaboração de maquetes tradicionais (reduzir gastos).

d) Publicação 4: Planejamento de Execução de Projetos BIM

Na indústria AEC, a implementação bem-sucedida do BIM em projetos de engenharia depende de um planejamento completo e bem detalhado (BERNAL, 2017; CARRICK; CZEKANSKI, 2017). O planejamento de execução de projetos BIM (BIMPEP) visa estimular a interdisciplinaridade e envolvimento de *stakeholders* em fases iniciais do projeto (CIC, 2011), propondo melhorias em planejamento. Baseado nisso, Zhang e Xie (2019) buscaram aplicar o BIMPEP na educação ao estudar um projeto de construção. O estudo de caso envolveu um edifício de múltiplos pavimentos, com forma geométrica irregular, com vida útil projetada para 50 anos e resistente a abalos sísmicos moderados. A metodologia apresentada pelos autores consistiu em diversas etapas, como: identificar o problema; realizar *brainstorming* de soluções para o problema; identificar experiências e avaliar resultados do método PBL envolvendo o BIMPEP; e atribuir as funções aos integrantes das equipes. Entre as etapas avaliadas, foi necessário avaliar o local de instalação do canteiro e escolher um local para armazenamento de materiais. Os alunos experimentaram a simulação da construção e identificaram os conflitos existentes. Entre os resultados do estudo, 80% dos estudantes

concordaram que o BIMPEP ajudou no processo de aprendizagem, inclusive para aprender habilidades em software. Além disso, 10% deles comentaram que ocorreram melhorias inclusive na comunicação entre as equipes e no estímulo da criatividade para a solução de problemas de construção.

e) Publicação 5: ABPj e BIM para pequenas edificações sustentáveis

Em 2014 a empresa Sacramento Municipal Utility District (SMUD) lançou uma competição para desafiar equipes colegiadas a projetar e construir casas de pequeno porte – dimensões entre 9 e 38 metros quadrados – com painéis solares e autossuficientes, devendo estas serem orçadas em um máximo de US\$ 25.000,00. A competição foi motivada devido ao aumento da quantidade de casas de grande porte nos EUA (WILSON; BOEHLAND, 2005), levando ao aumento no consumo de recursos, eletricidade, combustível e da pegada de carbono, tanto na etapa de construção, como durante a operação, o qual resulta em impactos negativos ao meio ambiente (QUANTIS, 2009; 2010; CARLIN, 2014).

Wu e Hyatt (2016) comentam que a competição deu origem a um estudo para investigar o papel que o BIM desempenha na promoção do desenvolvimento sustentável por meio de casas solares, bem como no desenvolvimento de habilidades essenciais a discentes através do método ABPj. Na competição, cada equipe era formada por 10 a 24 alunos, além da presença de um mentor. Ao longo da aplicação do método ABPj, os alunos realizaram uma visita de campo a um empreiteiro que costumava construir casas semelhantes ao que propunha a competição, a fim de compreender os critérios de projeto, os processos construtivos e o desempenho da edificação. Salienta-se que o BIM forneceu aos alunos a oportunidade de visualizar diversas opções de projeto, além de planejar a execução da obra.

Ao final do estudo, Wu e Hyatt (2016) explicam que os discentes identificaram através de questionários aplicados pelo mentor que as principais melhorias visualizadas com a aplicação do método ABPj foram nos aspectos de: liderança, empreendedorismo e engajamento entre as equipes, resultando em um caso de aprendizagem bem-sucedida. Já em relação ao uso do BIM para a gestão de empreendimentos, as principais melhorias observadas pelos alunos foram em: análise de sustentabilidade; extração de quantitativos; estimativa de custos; gestão do canteiro de obras; extração de informações da construção; obtenção de indicadores de performance da edificação; e gestão de qualidade da obra, concluem os autores.

f) Publicação 6: Construção virtual na Arizona State University

Ghosh (2012) comenta que a implementação do BIM na Arizona State University ocorreu de forma planejada, tanto em relação à estrutura física do laboratório, quanto em relação à manipulação das ferramentas BIM e à vinculação a conteúdos básicos de formação, como Gerenciamento da Construção. Quanto à estrutura física do laboratório, a autora comenta que seu layout foi planejado com monitores, projetor e mobiliários para proporcionar aos alunos um ambiente de trabalho colaborativo. Já em referência às ferramentas BIM e sua vinculação aos conteúdos básicos, o curso apresenta duas disciplinas separadas. Na primeira delas, procura-se ensinar aos alunos conceitos básicos sobre a utilização de ferramentas BIM, como modelagem, extração de quantitativos, documentação, gerenciamento de conflitos, construção virtual, etc. Já a segunda disciplina, ela está voltada à área de gestão da construção. Nela são abordadas questões referentes à criação de um plano de layout de canteiro e seu funcionamento logístico através de atividades em grupo envolvendo a utilização do software Synchro, à criação de um cronograma de atividades e de estimativa de custos da construção através de atividades em grupo utilizando os softwares Revit, RSMeans e D-Profiler, à navegação virtual na obra através de atividades individuais utilizando o software Navisworks, e à programação 4D através de atividades em grupo envolvendo a utilização do software Navisworks e do Synchro.

g) Publicação 7: ABPj em um curso de Gerenciamento da Construção na Universidade do Texas

Leite (2016) comenta sobre uma experiência didática realizada na Universidade do Texas que tinha como intuito ensinar aos alunos conceitos sobre o BIM, descrever o fluxo de trabalho BIM ao longo do ciclo de vida da construção, realizar estimativa de custos e simulações vinculadas ao cronograma da obra (simulação 4D), entre outros aspectos. Ao longo das simulações 4D, os alunos aprenderam a visualizar e analisar o processo de construção através da vinculação entre as atividades da obra aos componentes utilizados no modelo. Os discentes puderam compreender também a importância do BIM para a tomada de decisão e para a redução de erros ao longo do processo de construção. Entre as atividades desenvolvidas na disciplina estão: elaboração do EAP da obra, desenvolvimento do plano de ataque, alocação das equipes, avaliação do relacionamento entre as atividades, estudo da viabilidade da execução da obra por meio de simulação 4D, discussão sobre oportunidades de melhoria na elaboração do cronograma de atividades.

h) Publicação 8: Aprendizagem interativa por meio da análise do sequenciamento de atividades de construção através do BIM

Clevenger, Glick e Puerto (2012) comentam sobre experiências em que a utilização do BIM contribuiu para a aprendizagem de conteúdos de construção voltadas à visualização do processo construtivo, à gestão de projetos estruturais e à segurança do trabalho. Em relação à visualização do processo construtivo, utilizou-se o software Sketch-Up e o Google Layout para elaborar um modelo de alvenaria e exibir o seu processo de montagem, possibilitando aos alunos compreenderem o sequenciamento adequado das atividades que envolvem o processo, desde à fundação ao revestimento final utilizado sobre a alvenaria. Quanto à gestão de projetos estruturais, além de os alunos aprenderem a dimensionar a estrutura através do software Revit Structures, eles também avaliaram o projeto estrutural desenvolvido em relação à construtibilidade, à escolha de materiais, à extração de quantitativos, à análise de custos, ao sequenciamento de execução da estrutura e à elaboração de cronograma através de um fluxo de trabalho em BIM. Finalmente, em relação ao tema segurança de trabalho, seu principal objetivo era promover treinamento e facilitar a comunicação entre os colaboradores. Dessa maneira, através de recursos de animação 3D no Sketch-up, foram elaboradas cenas para ilustrar os estágios de construção e os associar a procedimentos de segurança exigidos ou recomendados. Ao longo deste processo, recursos de voz foram desenvolvidos em diversos idiomas para facilitar a instrução dos colaboradores.

i) Publicação 9: Uso de Realidade Aumentada para melhorar a compreensão de atividades voltadas a montagens de componentes de construção

Bademosi, Blinn e Issa (2019) comentam sobre um experimento em que foram coletadas imagens de um canteiro de obras para serem integradas a componentes virtuais BIM, oriundos da realidade aumentada, com o intuito de se produzirem vídeos que indicassem o sequenciamento correto da execução de uma determinada atividade de construção aos discentes. Os vídeos foram produzidos em diversos assuntos, entre execução de alvenaria, montagem de cobertura e montagem de estrutura metálica, onde componentes virtuais da alvenaria, cobertura ou estrutura metálica foram posicionados no local adequado do canteiro e em seguida uma animação foi elaborada para indicar o sequenciamento da determinada atividade. Os resultados do estudo mostraram que a aprendizagem relacionada à realidade aumentada melhorou a compreensão dos alunos sobre os assuntos abordados.

j) Publicação 10: Uso de modelos 4D para a análise do fluxo de construção de edifícios residenciais

Murguia e Brioso (2017) comentam que um estudo foi desenvolvido com discentes da Universidade Pontifícia Católica do Peru, baseado em dois casos práticos, os quais tinham em comum o objetivo de encontrar a melhor opção (ou mais viável) para o fluxo de construção. O primeiro caso prático envolveu um edifício do gênero educacional de três pavimentos de concreto armado. No estudo, foram disponibilizados aos alunos quatro alternativas de cronograma para execução do empreendimento com o intuito de estudarem e escolherem a opção mais viável em termos de construtibilidade através da utilização de simulações BIM 4D e da aplicação de um método multicritério. Para isso, modelos do software Revit e cronogramas elaborados em um software de planejamento foram disponibilizados aos alunos, onde os mesmos puderam analisar os cronogramas, descobrir inconsistências, extrair quantitativos e escolher o melhor fluxo de construção para o projeto. No segundo caso prático, os alunos receberam um projeto de um edifício residencial de quatro pavimentos de concreto armado para desenvolverem um modelo 3D no Revit, elaborarem cronogramas de execução para as alternativas dadas pelo professor, e desenvolverem um modelo 4D para cada alternativa dada. Após cumpridas as atividades, os discentes puderam então avaliar e escolher o fluxo de construção mais adequado ao empreendimento.

k) Publicação 11: Utilização do BIM em competições estudantis

Philipp (2015) comenta sobre uma competição estudantil que envolveu diversas universidades para projetar um abrigo transitório a prova de desastres. Os alunos que cursavam Gerenciamento da Construção foram solicitados a estimar o tempo de execução do projeto, bem como seus custos, de forma a ficar aderido ao cronograma e ao orçamento disponíveis e pré-estabelecidos ao início da competição. Ao longo da competição, os discentes foram estimulados a desenvolverem modelos em BIM com o intuito de obter um modelo virtual semelhante à execução do abrigo, possibilitando assim analisar a alternativa de projeto que melhor atenderia aos objetivos propostos pela competição.

1) Publicação 12: Aplicações práticas do BIM em disciplina de Gerenciamento da Construção na Universidade Estadual do Arizona

Basto e Junior (2016) comentam sobre um caso prático de utilização do BIM na disciplina de Gerenciamento da Construção na Universidade Estadual do Arizona. A turma foi dividida em grupos e os alunos foram solicitados a elaborarem o planejamento da construção de uma clínica médica localizada em Phoenix, no Arizona. O professor, cumprindo o papel de proprietário fictício da clínica, estabeleceu requisitos os quais os alunos deveriam atender, como tempo para conclusão da obra de 24 meses, além de definir os usos do BIM os quais os alunos deveriam usufruir. Os projetos da clínica foram disponibilizados aos alunos, incluindo arquitetura, estrutura e instalações elétricas, hidráulicas e mecânicas, já que o objetivo do estudo era fazer com que os alunos voltassem a elaborar o planejamento de execução do caso.

Como primeira atividade, Basto e Junior (2016) comentam que os discentes procuraram dividir as tarefas entre os membros do grupo, definir os meios de comunicação (reuniões presenciais e à distância), definir o meio de compartilhamento dos dados e elaborar um plano para a resolução de possíveis conflitos que viessem a ocorrer. Em seguida, os grupos criaram o Plano de Execução do Projeto BIM (BIMPEP) da clínica. Ao longo do BIMPEP, foram definidos os objetivos e as prioridades dos usos do BIM aplicados ao empreendimento. Também foram desenvolvidos mapas para a visualização dos usos do BIM, definindo a sequência de introdução dos usos. Todas as informações foram armazenadas em uma planilha eletrônica com o intuito de estabelecer em que fase do projeto cada uso seria desenvolvido, a equipe responsável, o momento para compartilhamento de informações entre os *stakeholders* e o formato do arquivo gerado, servindo principalmente como um meio de organizar os deveres e as responsabilidades entre os integrantes do grupo. Nota-se que o BIMPEP proporcionou aos alunos uma melhor compreensão do projeto, visualizando alternativas viáveis ao atendimento dos objetivos do projeto, bem como facilitando a escolha da mais viável. Percebe-se também que o plano possibilitou uma melhor organização das equipes, favorecendo com que ações fossem executadas dentro do prazo estabelecido. Como segunda atividade, os alunos voltaram-se aos usos do BIM, bem como a manipulação das ferramentas. Dentre os resultados produzidos pelos usos do BIM, os autores comentam:

- Revisão/construtibilidade do projeto: possibilitou avaliar se os requisitos do proprietário foram atendidos, permitindo efetuar mudanças no projeto ou nos materiais utilizados sem grande impacto no custo. Para isso, utilizou-se o

software Revit para análise dos materiais e o software Navisworks para navegação virtual à edificação.

- Estimativa de custos: possibilitou extrair o quantitativo automático de materiais utilizados no projeto, para então prever o custo para a construção. Para cumprir tais funcionalidades, utilizou-se o Revit e o Bluebeam Revu.
- Planejamento da utilização do canteiro de obras: possibilitou identificar áreas potenciais e críticas no canteiro, visualizar entradas de acesso, compreender a logística do canteiro e identificar os impactos da edificação nas proximidades. Para isso, através do Google Earth, pôde-se obter uma imagem do local escolhido para a execução da clínica. Através de tal imagem, com auxílio do software SketchUp, cada grupo pôde realizar a modelagem do canteiro de obras em suas diferentes fases (fase inicial, intermediária e final de execução da obra) para o atendimento aos objetivos propostos.
- Coordenação 3D: possibilitou a avaliação prévia das instalações pelo dono do empreendimento, além de permitir que fossem realizadas detecções de conflitos entre diferentes sistemas da edificação integrados no modelo 3D. Para o cumprimento de tal uso, utilizou-se o Navisworks.
- Controle: os usos do BIM empregados para o controle da edificação foram a “fabricação digital” e a “análise energética”, desenvolvidas através do Revit. A fabricação digital é justificada pela importância da qualidade do modelo de fabricação e de um agendamento de entrega coordenado com o andamento da construção, evitando possíveis atrasos. A análise energética proporciona ao proprietário do empreendimento uma visão de quanto seria consumido em termos de energia elétrica durante a utilização das instalações da edificação, o que permite adequações prévias para alcançar uma melhor eficiência energética.
- Registro de modelagem: indicado como forma de garantir que durante todas as fases da construção o modelo fosse constantemente atualizado com as possíveis modificações realizadas no momento da execução.

Através do estudo, Basto e Junior (2016) perceberam que a disciplina se mostrou efetiva em vincular os assuntos de gerenciamento da construção ao BIM, incentivando os alunos a utilizarem o BIM no âmbito profissional através dos potenciais benefícios identificados diante de uma aplicação prática.

m) Publicação 13: Análise de aplicações BIM na área de Gerenciamento da Construção em universidades norte-americanas

Lee e Reeder (2016) comentam sobre aplicações do BIM em universidades norte-americanas em relação à área de Gerenciamento da Construção. A Drexel University utiliza o BIM com ênfase em atividades de revisão de projetos, detecção de conflitos, coordenação de equipes, programação de atividades, logística de construção e geração de estimativas. A Georgia Tech se volta aos assuntos de construtibilidade, programação de atividades, planejamento front-end e monitoramento da construção. A North Dakota State University incentiva os alunos a utilizarem o BIM para a elaboração de uma proposta de licitação que sirva como plano de execução de um determinado empreendimento. A Purdue University incentiva o uso do BIM para elaborar o planejamento de um canteiro de obras e a coordenação de atividades de um empreendimento comercial, estimulando a produção de relatórios de detecção de conflitos, animações virtuais da construção, bem como o desenvolvimento de habilidades de comunicação em discentes. A Roger Williams University incentiva os alunos a utilizarem o BIM para a concepção de projetos e de sua execução, explorando alternativas de materiais escolhidos para a construção, automatizando o cálculo de custos e da programação de atividades. A University of Arkansas incentiva a aplicação do BIM em construções comerciais de elevada complexidade, nos assuntos de topografia do local de instalação do canteiro de obras, documentação, extração de quantitativos dos componentes de construção, análises de sustentabilidade e capturas de imagens por meio de renderizações. A University of Oklahoma incentiva o uso do BIM para avaliar a construtibilidade de edificações, auxiliando a elaboração de projetos, programação de atividades de execução e estimativa de custos. A Virginia Tech incentiva aplicações BIM para aplicações em projeção e em simulação de construções virtuais (VDC), além da programação de atividades de execução do empreendimento.

n) Publicação 14: O ensino do takt-time, linhas de fluxo e relações de precedências através de um estudo de caso peruano

Brioso, Murguia e Urbina (2017) comentam que inicialmente os discentes receberam diferentes alternativas de projetos, onde através de ferramentas tradicionais, como planilhas do Excel e desenhos 2D, eles foram solicitados a analisarem o takt-time, as linhas de fluxo geradas através da integração entre as atividades de execução e as relações de precedência entre as atividades. Em seguida, alternativas de execução dos projetos foram dadas aos

discentes para que elaborassem para cada uma destes um modelo 4D desenvolvido no software Navisworks integrando o referido cronograma takt-time ao modelo 3D elaborado no software Revit. Por fim, os alunos utilizaram o software Vico Office para uma análise mais aprofundada do cronograma e para a comparação do takt-time e das linhas de fluxo. Entre os benefícios de realizar tal processo por meio do BIM, os alunos identificaram a capacidade de acessar informações de maneira automatizada, e puderam visualizar o relacionamento entre planejamento, programação e custos em um único modelo virtual.

o) Publicação 15: Estudo de caso integrando Lean, Green e BIM em um curso de Gerenciamento da Construção

Hyatt (2011) comenta que fora organizado um curso de verão na California State University com o intuito de integrar uma aplicação envolvendo LPS, BIM e *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED). Inicialmente, a estrutura do curso fora baseada no LPS, onde serviu para dar suporte ao ensino de conceitos do *Lean Construction*. Em seguida, um empreendimento concebido no sistema de classificação LEED fora selecionado para que os alunos trabalhassem com tais projetos. Ao final, buscou-se integrar os assuntos trabalhados ao BIM por meio de uma simulação 4D. Na primeira parte do curso, os alunos foram solicitados a identificar, sequenciar e estimar a duração das atividades de execução de uma obra, bem como elaborar informações gráficas, como o gráfico de Gantt. Na segunda etapa, os alunos através da utilização do software Primavera foram solicitados a identificarem o caminho crítico da obra (CPM). Após este processo, os discentes foram incentivados a elaborarem uma simulação 4D da obra através do software Navisworks. Por fim, os discentes realizaram uma simulação de entrega das atividades da obra em pacotes (PPC), possibilitando com que os mesmos tivessem a oportunidade de atuarem como gestores da obra e revisores dos projetos, rastreando as atividades, analisando a eficácia do planejamento e identificando suas fragilidades.

p) Publicação 16: Processo orientado do ensino de BIM

Wang e Leite (2014) comentam sobre um curso que fora organizado em 5 módulos para ensinar aos alunos conceitos sobre Gerenciamento da Construção através da utilização do BIM. No Módulo 1 os alunos aprendem a estimar custos de componentes de construção automaticamente do banco de dados de um modelo BIM. São estimados os custos de construção de pilares, lajes, paredes, janelas de uma edificação comercial. No Módulo 2 os alunos são

solicitados a elaborarem a construção virtual do modelo por meio de simulação 4D para melhor compreenderem o processo de construção. Ao longo desse processo, os alunos são incentivados a desenvolverem dois cronogramas de construção para o empreendimento. O primeiro cronograma diz respeito a uma programação sem grandes restrições de tempo, ou seja, de prazos maiores para construção, já o segundo se refere a uma programação otimizada, a qual visa a conclusão da obra em um prazo mínimo. O processo de simulação em cenários serve para mostrar aos alunos a importância de uma programação eficiente das atividades da obra. Além disso, ao longo do processo, são analisados possíveis problemas de construtibilidade do empreendimento, com o intuito de tornar mais fácil o processo de execução. No Módulo 3 os alunos são solicitados a utilizarem o software Navisworks para a detecção de conflitos. Apesar de todos os benefícios notados ao longo do processo, procura-se também mostrar aos discentes que existem falsos conflitos, expondo ao mesmos que não se deve confiar totalmente na tecnologia, mas sim utilizá-la de maneira crítica. No Módulo 4 os alunos são estimulados a explorarem as funcionalidades do software 123D Catch, onde são gerados modelos 3D por meio de fotografias 2D. Ao longo do processo, os alunos devem tirar fotos de duas instalações no campus utilizando uma câmera digital portátil, as quais devem ser exportadas para o software Photoscene e Autocad para a geração de uma malha de pontos e do modelo 3D, respectivamente. Por fim, no Módulo 5, as equipes são solicitadas a realizarem a simulação energética de uma construção existente utilizando o software Green Building Studio. As equipes são então estimuladas a explorarem uma alternativa de design para a construção que reduza o gasto de energia em pelo menos 20% quando se comparado ao empreendimento existente. Como alternativas, os alunos exploram opções que possibilitem melhorar o desempenho energético da edificação, como alterar propriedades do telhado, parede ou envidraçamento, justificando a escolha através da relação custo-benefício. Ao longo dos módulos, os alunos foram capazes de compreender a utilização do BIM como uma melhoria ao processo e descrever o fluxo de trabalho BIM ao longo do ciclo de vida da edificação.

q) Publicação 17: Mapeamento da utilização do BIM para o ensino de Lean

Ramalingam (2018) comenta que um caso prático tendo por objeto de estudo um projeto residencial hipotético composto de um subsolo e seis pavimentos foi conduzido a discentes para trabalharem com o BIM e com o Lean. Em relação ao BIM, inicialmente os alunos foram solicitados a converterem desenhos 2D em um modelo BIM 3D utilizando o software Revit nas disciplinas de arquitetura e instalações. O modelo 3D fora composto por

cinco disciplinas, incluindo fundação, cobertura, interiores, instalações hidrossanitárias e instalações elétricas. Em seguida, as equipes tiveram que gerar um modelo BIM 4D no software Navisworks a partir da sincronização do modelo do Revit ao cronograma de atividades elaborado no software MS Project. Por fim, os discentes tiveram a atribuição de otimizar o modelo em relação a tempo e custo. Quanto à aplicação do Lean, inicialmente procurou-se realizar o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) atual do processo de concepção e planejamento de execução do empreendimento vinculado ao modelo BIM, indicando a programação de atividades da obra, as competências dos profissionais AEC envolvidos e o tempo total disponível para a realização da obra. Ao longo do processo, incluiu-se métricas Lean, entre takt-time, tempo de processamento, de espera e de ciclo, taxa de defeitos e tempo de valor agregado. Posteriormente, solicitou-se aos alunos a elaboração de um MFV futuro, com o intuito de minimizar desperdícios provocados por ineficiências, como defeitos, retrabalhos, etc. Ao longo do processo, buscou-se realizar intervenções induzidas e fornecer o *know-how* com o intuito de estabelecer planos de ação para permitir a execução de acordo com o tempo takt planejado.

APÊNDICE F (APPENDIX F) – LINKS DE ACESSO AOS ARQUIVOS DOS OBJETOS DE APRENDIZAGEM BIM E A INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

a) Redes sociais / Social network:

- **Instagram:**

@bimlearningobjects

- **Email:**

bimlearningobjects@gmail.com

profborgesrodrigo@gmail.com

- **YouTube:**

<https://www.youtube.com/channel/UC3-hCQuiD0YFOWu2t79Vtlg>

- **ORCID:**

<https://orcid.org/0000-0001-6154-5045>

- **Zenodo:**

Usuário / User: bimlearningobjects

<https://zenodo.org/record/6412807#.YmYQuNrMKbh>

b) Arquivos de armazenamento de Objetos de Aprendizagem BIM / BIM Learning Objects Storage Files:

- **Dropbox:**

[https://www.dropbox.com/sh/fihj4kghly50rb7/AAB_0-](https://www.dropbox.com/sh/fihj4kghly50rb7/AAB_0-J2fEgxNgN31fJktU_za?dl=0)

[J2fEgxNgN31fJktU_za?dl=0](https://www.dropbox.com/sh/fihj4kghly50rb7/AAB_0-J2fEgxNgN31fJktU_za?dl=0)

- **Google Drive:**

https://drive.google.com/drive/folders/1HmUQosbEc_AwU4h9ZbbNPsMQ6B

[1p3heK?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1HmUQosbEc_AwU4h9ZbbNPsMQ6B)

ANEXO A – CARACTERÍSTICAS DAS DCNs DOS CURSOS DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA

DIRETRIZES CURRICULARES NACIONAIS DOS CURSOS DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA		
Resolução	RESOLUÇÃO CNE/CES 11	RESOLUÇÃO Nº 2
Data/DOU	11 de março de 2002	24 de abril de 2019
Perfil esperado do egresso e suas áreas de atuação		
Perfil desejado do egresso	I - Formação generalista, humanista, crítica e reflexiva;	I - Ter visão holística e humanista, ser crítico, reflexivo, criativo, cooperativo e ético, e com forte formação técnica;
	II - Ser capacitado a absorver e desenvolver novas tecnologias;	II - Estar apto a pesquisar, desenvolver, adaptar e utilizar novas tecnologias, com atuação inovadora e empreendedora;
	III - Estimular a atuação crítica e criativa na identificação e resolução de problemas;	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;
	IV - Considerar aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais;	V - Considerar os aspectos globais, políticos, econômicos, sociais, ambientais, culturais e de segurança e saúde no trabalho;
	V - Ter visão ética e humanística, em atendimento às demandas da sociedade.	VI - Atuar com isenção e comprometimento com a responsabilidade social e com o desenvolvimento sustentável.
Áreas de atuação do egresso	-	Seguir uma ou mais áreas de atuação: I - Atuação em todo o ciclo de vida e contexto do projeto de produtos (bens e serviços) e de seus componentes, sistemas e processos produtivos, inclusive inovando-os; II - Atuação em todo o ciclo de vida e contexto de empreendimentos, inclusive na sua gestão e manutenção; e III - Atuação na formação e atualização de futuros engenheiros e profissionais envolvidos em projetos de produtos (bens e serviços) e empreendimentos.

Continuação do ANEXO A – Características das DCNs dos cursos de graduação em engenharia

DCNs DOS CURSOS DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA		
Resolução	RESOLUÇÃO CNE/CES 11	RESOLUÇÃO Nº 2
Data/DOU	11 de março de 2002	24 de abril de 2019
Organização dos cursos de graduação em engenharia		
Plano	Projeto Pedagógico	Projeto Pedagógico do Curso (PPC)
Conteúdos de formação	Básicos Profissionalizantes Específicos	Básicos Profissionalizantes Específicos
Metodologia de ensino	Metodologias e critérios para acompanhamento e avaliação do processo ensino-aprendizagem e do próprio curso, em consonância com o sistema de avaliação e a dinâmica curricular definidos pela IES à qual pertence	Deve ser estimulado o uso de metodologias para aprendizagem ativa, como forma de promover uma educação mais centrada no aluno.
Competências e habilidades em consonância ao PPC	Sim	Sim
Atividades curriculares		
Incentivo a atividades	Trabalhos de iniciação científica, projetos multidisciplinares, visitas teóricas, trabalhos em equipe, desenvolvimento de protótipos, monitorias, participação em empresas juniores e outras atividades empreendedoras.	Trabalhos de iniciação científica, competições acadêmicas, projetos interdisciplinares e transdisciplinares, projetos de extensão, atividades de voluntariado, visitas técnicas, trabalhos em equipe, desenvolvimento de protótipos, monitorias, participação em empresas juniores, incubadoras e outras atividades empreendedoras.
Organização das atividades	Individuais Em grupos	Individuais Em grupos
Interdisciplinaridade	-	Devem ser implementadas, desde o início do curso, as atividades que promovam a integração e a interdisciplinaridade, de modo coerente com o eixo de desenvolvimento curricular, para integrar as dimensões técnicas, científicas, econômicas, sociais, ambientais e éticas.
Aproximação ao mercado de trabalho	-	É recomendável que as atividades sejam organizadas de modo que aproxime os estudantes do ambiente profissional, criando formas de interação entre a instituição e o campo de atuação dos egressos

Continuação do ANEXO A – Características das DCNs dos cursos de graduação em engenharia

DIRETRIZES CURRICULARES NACIONAIS DOS CURSOS DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA		
Resolução	RESOLUÇÃO CNE/CES 11	RESOLUÇÃO Nº 2
Data/DOU	11 de março de 2002	24 de abril de 2019
Implementação e avaliação das DCNs		
Diretrizes	-	<p>Recomenda-se a promoção frequente de fóruns com a participação de profissionais, empresas e outras organizações públicas e privadas, a fim de que contribuam nos debates sobre as demandas sociais, humanas e tecnológicas para acompanhar a evolução constante da Engenharia, para melhor definição e atualização do perfil do egresso.</p> <p>Devem ser definidas as ações de acompanhamento dos egressos, visando à retroalimentação do curso.</p>
Avaliação da aprendizagem e competências	Contínua	Contínua
Adequação à resolução	-	Os cursos de Engenharia em funcionamento têm o prazo de 3 (três) anos a partir da data de publicação desta Resolução para implementação destas Diretrizes Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia
Forma de implementação	-	Forma de implementação do novo Projeto Pedagógico do Curso, alinhado a estas Diretrizes Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia poderá ser gradual, avançando-se período por período, ou imediatamente, com a devida anuência dos alunos
Perfil dos docentes		
Corpo docente	-	Domínio conceitual e pedagógico, que englobe estratégias de ensino ativas, pautadas em práticas interdisciplinares, de modo que assumam maior compromisso com o desenvolvimento das competências desejadas nos egressos.

Continuação do ANEXO A – Características das DCNs dos cursos de graduação em engenharia

DIRETRIZES CURRICULARES NACIONAIS DOS CURSOS DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA	
Resolução	RESOLUÇÃO CNE/CES 11
Data/DOU	11 de março de 2002
Competências e habilidades gerais na formação de discentes	
Competências e habilidades gerais	I - Aplicar conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais à engenharia;
	II - Projetar e conduzir experimentos e interpretar resultados;
	III - Conceber, projetar e analisar sistemas, produtos e processos;
	IV - Planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços de engenharia;
	V - Identificar, formular e resolver problemas de engenharia;
	VI - Desenvolver e/ou utilizar novas ferramentas e técnicas;
	VI - Supervisionar a operação e a manutenção de sistemas;
	VII - Avaliar criticamente a operação e a manutenção de sistemas;
	VIII - Comunicar-se eficientemente nas formas escrita, oral e gráfica;
	IX - Atuar em equipes multidisciplinares;
	X - Compreender e aplicar a ética e responsabilidade profissionais;
	XI - Avaliar o impacto das atividades da engenharia no contexto social e ambiental;
	XII - Avaliar a viabilidade econômica de projetos de engenharia;
XIII - Assumir a postura de permanente busca de atualização profissional.	

Continuação do ANEXO A – Características das DCNs dos cursos de graduação em engenharia

DCNs DOS CURSOS DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA	
Resolução	RESOLUÇÃO Nº 2
Data/DOU	24 de abril de 2019
Competências e habilidades gerais na formação de discentes	
Competências e habilidades gerais	<p>I - Formular e conceber soluções desejáveis de engenharia, analisando e compreendendo os usuários dessas soluções e seu contexto:</p> <p>a) ser capaz de utilizar técnicas adequadas de observação, compreensão, registro e análise das necessidades dos usuários e de seus contextos sociais, culturais, legais, ambientais e econômicos;</p> <p>b) formular, de maneira ampla e sistêmica, questões de engenharia, considerando o usuário e seu contexto, concebendo soluções criativas, bem como o uso de técnicas adequadas.</p>
	<p>II - Analisar e compreender os fenômenos físicos e químicos por meio de modelos simbólicos, físicos e outros, verificados e validados por experimentação:</p> <p>a) ser capaz de modelar os fenômenos, os sistemas físicos e químicos, utilizando as ferramentas matemáticas, estatísticas, computacionais e de simulação, entre outras;</p> <p>b) prever os resultados dos sistemas por meio dos modelos;</p> <p>c) conceber experimentos que gerem resultados reais para o comportamento dos fenômenos e sistemas em estudo;</p> <p>d) verificar e validar os modelos por meio de técnicas adequadas.</p>
	<p>III - Conceber, projetar e analisar sistemas, produtos (bens e serviços), componentes ou processos:</p> <p>a) ser capaz de conceber e projetar soluções criativas, desejáveis e viáveis, técnica e economicamente, nos contextos em que serão aplicadas;</p> <p>b) projetar e determinar os parâmetros construtivos e operacionais para as soluções de Engenharia;</p> <p>c) aplicar conceitos de gestão para planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços de Engenharia.</p>
	<p>IV - Implantar, supervisionar e controlar as soluções de Engenharia:</p> <p>a) ser capaz de aplicar os conceitos de gestão para planejar, supervisionar, elaborar e coordenar a implantação das soluções de Engenharia;</p> <p>b) estar apto a gerir, tanto a força de trabalho quanto os recursos físicos, no que diz respeito aos materiais e à informação;</p> <p>c) desenvolver sensibilidade global nas organizações;</p> <p>d) projetar e desenvolver novas estruturas empreendedoras e soluções inovadoras para os problemas;</p> <p>e) realizar a avaliação crítico-reflexiva dos impactos das soluções de Engenharia nos contextos social, legal, econômico e ambiental.</p>

Continuação do ANEXO A – Características das DCNs dos cursos de graduação em engenharia

DIRETRIZES CURRICULARES NACIONAIS DOS CURSOS DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA	
Resolução	RESOLUÇÃO Nº 2
Data/DOU	24 de abril de 2019
Competências e habilidades gerais na formação de discentes	
Competências e habilidades gerais	V - Comunicar-se eficazmente nas formas escrita, oral e gráfica: a) ser capaz de expressar-se adequadamente, seja na língua pátria ou em idioma diferente do Português, inclusive por meio do uso consistente das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDICs), mantendo-se sempre atualizado em termos de métodos e tecnologias disponíveis.
	VI - Trabalhar e liderar equipes multidisciplinares: a) ser capaz de interagir com as diferentes culturas, mediante o trabalho em equipes presenciais ou a distância, de modo que facilite a construção coletiva; b) atuar, de forma colaborativa, ética e profissional em equipes multidisciplinares, tanto localmente quanto em rede; c) gerenciar projetos e liderar, de forma proativa e colaborativa, definindo as estratégias e construindo o consenso nos grupos; d) reconhecer e conviver com as diferenças socioculturais nos mais diversos níveis em todos os contextos em que atua (globais/locais); e) preparar-se para liderar empreendimentos em todos os seus aspectos de produção, de finanças, de pessoal e de mercado.
	VII - Conhecer e aplicar com ética a legislação e os atos normativos no âmbito do exercício da profissão: a) ser capaz de compreender a legislação, a ética e a responsabilidade profissional e avaliar os impactos das atividades de Engenharia na sociedade e no meio ambiente; b) atuar sempre respeitando a legislação, e com ética em todas as atividades, zelando para que isto ocorra também no contexto em que estiver atuando.
	VIII - Aprender de forma autônoma e lidar com situações e contextos complexos, atualizando-se em relação aos avanços da ciência, da tecnologia e aos desafios da inovação: a) ser capaz de assumir atitude investigativa e autônoma, com vistas à aprendizagem contínua, à produção de novos conhecimentos e ao desenvolvimento de novas tecnologias; b) aprender a aprender.

Fonte: Adaptado de ABMES (2019).