



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

RENAN CAMINHA MARINHO

PROPOSIÇÃO DE UMA FERRAMENTA QUE COLABORE NA TOMADA DE
DECISÃO EM ESTUDOS DE VIABILIDADE DE EMPREENDIMENTOS
IMOBILIÁRIOS COM USO DO BIM

FORTALEZA

2020

RENAN CAMINHA MARINHO

**PROPOSIÇÃO DE UMA FERRAMENTA QUE COLABORE NA TOMADA DE
DECISÃO EM ESTUDOS DE VIABILIDADE DE EMPREENDIMENTOS
IMOBILIÁRIOS COM O USO DO BIM**

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

Orientador: Prof. Dr. José de Paula Barros Neto.

FORTALEZA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M291p Marinho, Renan Caminha.

Proposição de uma ferramenta que colabore na tomada de decisão em estudos de viabilidade de empreendimentos imobiliários com uso do BIM / Renan Caminha Marinho. – 2020.
138 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil, Fortaleza, 2020.

Orientação: Prof. Dr. José de Paula Barros Neto.

1. Estudo de viabilidade de empreendimentos imobiliários. 2. BIM. 3. Programação visual. 4. Análise de custos. I. Título.

CDD 624.1

RENAN CAMINHA MARINHO

PROPOSIÇÃO DE UMA FERRAMENTA QUE COLABORE NA TOMADA DE
DECISÃO EM ESTUDOS DE VIABILIDADE DE EMPREENDIMENTOS
IMOBILIÁRIOS COM O USO DO BIM

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

Área de concentração: Construção Civil

Aprovada em: ___ / ___ / ____.

BANCA EXAMINADORA

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

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

Prof. Dr. Abraão Freires Saraiva Júnior
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Sergio Scheer
Universidade Federal do Paraná (UFPR)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida e por ter me guiado e dado forças durante essa longa caminhada.

Aos meus pais, Darckles Marinho e Roseane Marinho, e minha irmã, Cintia Marinho, por todo amor, carinho, apoio e compreensão. Obrigado por me apoiarem em qualquer projeto de vida que eu escolha.

Ao professor Prof. Dr. Barros Neto, pela orientação, confiança, incentivo, discussões e por ter acompanhado minha trajetória até aqui.

Aos membros examinadores da banca por terem aceito o convite para colaborar com a minha pesquisa e pelas valiosas sugestões.

Aos especialistas e avaliadores participantes deste estudo pela disponibilidade, assim como os documentos fornecidos ao longo desta pesquisa.

E por fim, à todos os professores e funcionários do PEC pela contribuição para a minha formação acadêmica como mestre.

*“Don't you tell me what you think that I could be.
I'm the one at the sail, I'm the master of my sea.”*

Imagine Dragons

RESUMO

O lançamento de um novo empreendimento imobiliário é cercado de riscos e incertezas para os incorporadores. Dessa forma, para que os empreendedores possam investir seus recursos na construção civil, faz-se necessário a realização de estudos de viabilidade mais confiáveis para apoiar a tomada de decisão. Entretanto, a avaliação econômica de projetos, muitas vezes, é realizada intuitivamente por donos das empresas ou responsáveis pela tomada de decisão, sem considerar as técnicas mais adequadas para análise de viabilidade. Assim, frente a esse cenário, os incorporadores estão sempre buscando formas de otimizar o seu trabalho e o *Building Information Modeling* (BIM) tem se tornado um diferencial cada vez mais importante devido as suas diversas funcionalidades, como simulações, visualização em 3D e orçamento automático. Entretanto, o processo de projeto com o BIM ainda é um processo amplamente manual, dependendo da experiência do projetista com as ferramentas para um bom funcionamento do modelo. Para contornar essa situação, tem-se o projeto generativo, que busca automatizar e sistematizar soluções com o BIM, por meio de programação visual. Dessa forma, o objetivo deste estudo é desenvolver uma ferramenta que colabore na tomada de decisão em estudos de viabilidade de empreendimentos imobiliários da construção civil, utilizando modelos BIM auxiliados por programação visual. Para isso, elaborou-se um artefato, a partir da aplicação da *Design Science Research*, levantando os principais parâmetros e aspectos de projetos envolvidos em estudos de viabilidade, por meio de levantamentos bibliográficos e entrevistas com especialistas, para elaborar uma proposta de modelo, que foi, posteriormente, transformada em código de programação visual, capaz de gerar um maior número de cenários de estudos de viabilidade, seguindo os limites urbanísticos referentes ao terreno, com diferentes custos, em um menor tempo, facilitando assim a tomada de decisão. O artefato foi testado com especialistas, utilizando casos reais de empreendimentos já consolidados, para a busca de sugestões e melhorias. Com o complemento do código referente às demandas solicitadas na avaliação do código, foi simulado um novo caso, atingindo resultados muito próximos aos reais encontrados para o empreendimento em questão.

Palavras-chave: Estudo de viabilidade de empreendimentos imobiliários. BIM. Programação visual. Análise de custos.

ABSTRACT

The launch of a new real estate development is surrounded by risks and uncertainties for developers. Thus, so that entrepreneurs can invest their resources in civil construction, it is necessary to carry out more reliable economic feasibility studies to support decision making. However, the economic evaluation of projects is often performed intuitively by business owners or decision makers, without considering the most appropriate techniques for feasibility analysis. Thus, in the face of this scenario, developers are always looking for ways to optimize their work and Building Information Modeling (BIM) has become an increasingly important differential due to its many features, such as simulations, 3D visualization and automatic budgeting. . However, the design process with BIM is still a largely manual process, depending on the designer's experience with the tools for the model to function properly. To circumvent this situation, there is the generative project, which seeks to automate and systematize solutions with BIM, through visual programming. Thus, the objective of this study is to develop a tool that collaborates in decision making in feasibility studies for real estate projects in civil construction, using BIM models aided by visual programming. For that, an artifact was elaborated, based on the application of Design Science Research, surveying the main parameters and aspects of projects involved in feasibility studies, through bibliographic surveys and interviews with specialists, to elaborate a model proposal, which it was later transformed into a visual programming code, capable of generating a greater number of feasibility study scenarios, following the urban limits related to the land, with different costs, in a shorter time, thus facilitating decision making. The artifact was tested with specialists, using real cases of projects already consolidated, to search for suggestions and improvements. With the complement of the code referring to the demands requested in the code evaluation, a new case was simulated, reaching similar results to the real ones found for the enterprise in question..

Keywords: Feasibility study of real estate developments. BIM Visual programming. Cost analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxo da construção	19
Figura 2 - Exemplo de fluxo de caixa	23
Figura 3 – CUB no mês 10/2018 no estado do Ceará	30
Figura 4 – Exemplo de LOD de uma viga invertida T	36
Figura 5 - Estudo de massas no Revit	40
Figura 6 - Estudo de massas por subtração	41
Figura 7 - Espaço de trabalho do Dynamo e seus resultados	44
Figura 8 – Condução da <i>Design Science Research</i>	53
Figura 9 – Delineamento da pesquisa	58
Figura 10 - Exemplo dos parâmetros de ocupação	60
Figura 11- Lógica do estudo de viabilidade	73
Figura 12- Dimensões do terreno	79
Figura 13 – Parâmetros do terreno – LUOS - Dynamo	80
Figura 14 – Áreas máximas - Dynamo	80
Figura 15 – Desenvolvimento da área do pavimento tipo - Dynamo	81
Figura 16 – Teste da fração de lote/Altura adotada - Dynamo	82
Figura 17 – Definição do andares - Dynamo	82
Figura 18 – Geração das massas - Dynamo	83
Figura 19 – Coloração e definição da massa final da edificação - Dynamo	84
Figura 20 – Nó auxiliar - Dynamo	85
Figura 21 – Rotação da edificação - Dynamo	85
Figura 22 – Quantidade e altura do subsolo - Dynamo	86
Figura 23 – Definição da área do subsolo máxima - Dynamo	86
Figura 24 – Definição dos subsolos - Dynamo	86
Figura 25 – Geração de massas dos subsolos - Dynamo	87
Figura 26 – Exportação de dados - Dynamo	88
Figura 27 – Resultado do estudo de massa - (a) Sem rotação – (b) Com rotação	88
Figura 28 – Planta baixa e corte da edificação	89
Figura 29 – Contorno da edificação à mão livre	90
Figura 30 – Leitura da figura a mão livre - Dynamo	90
Figura 31 – Criação dos andares livres - Dynamo	91

Figura 32 – Coloração da massa a mão livre - Dynamo	91
Figura 33 – Edificações à mão livre	92
Figura 34 – Dados do Caso “A”	93
Figura 35 – Edificação do Caso “A”	94
Figura 36 – Planta baixa e corte da edificação do Caso “A”	94
Figura 37 – Alternativas do Caso “A”	97
Figura 38 – Proporção de áreas comuns - Dynamo	100
Figura 39 – Outorga Onerosa - Dynamo	103
Figura 40 – Coloração da Outorga Onerosa - Dynamo	104
Figura 41 – Diferença edificação normal e Outorgada - Dynamo	105
Figura 42 – Edificação do Caso “B” – Sem Outorga	106
Figura 43 – Planta baixa e corte da edificação do Caso “B” – Sem Outorga	107
Figura 44 – Edificação do Caso “B” – Com Outorga	110
Figura 45 – Planta baixa e corte da edificação do Caso “B” – Com Outorga	110
Figura 46 – Diferença edificação normal e Outorgada – Caso “B”	114

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Características da Design Science Research	51
Quadro 2 – Avaliação de uma <i>Design Science Research</i>	54
Quadro 3 – Atendimento aos objetivos específicos nas etapas de delineamento da pesquisa.	58
Quadro 4 – Caracterização dos roteiros de entrevistas.....	61
Quadro 5 – Caracterização dos entrevistados.....	65
Quadro 6 – Resumo das entrevistas.....	72
Quadro 7 – Dados de entrada genéricas da edificação	75
Quadro 8 – Informações genéricas da edificação	76
Quadro 9 – Informações genéricas do subsolo.....	76
Quadro 10 – Áreas construídas e áreas equivalentes genéricas.....	77
Quadro 11 – Custo de construção e valor de venda genéricos	78
Quadro 12 – Viabilidade financeira genérica	78
Quadro 13 – Informações do Caso “A”	93
Quadro 14 – Edificação e subsolo do Caso “A”	95
Quadro 15 – Áreas do Caso “A”	95
Quadro 16 – Estudo financeiro do Caso “A”	96
Quadro 17 – Comparação do Caso “A” – Real e Artefato	96
Quadro 18 – Validação do artefato pelos especialistas	98
Quadro 19 – Exemplo genérico de Outorgas Onerosas.....	102
Quadro 20 – Informações do Caso “B” – Sem Outorga.....	106
Quadro 21 – Edificação e subsolo do Caso “B” – Sem Outorga.....	107
Quadro 22 – Áreas do Caso “B” – Sem Outorga	108
Quadro 23 – Estudo financeiro do Caso “B” – Sem Outorga	108
Quadro 24 – Informações do Caso “B” – Com Outorga	109
Quadro 25 – Edificação e subsolo do Caso “B” – Com Outorga.....	111
Quadro 26 – Áreas do Caso “B” – Com Outorga.....	111
Quadro 27 – Estudo financeiro do Caso “B” – Com Outorga.....	112
Quadro 28 – Comparação do Caso “B” – Real e Artefato (Outorga).....	113

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação (1) - Valor Presente Líquido	24
Equação (2) - Taxa Interna de Retorno	25
Equação (3) - Índice de Lucratividade	27
Equação (4) - Área de ocupação máxima	74
Equação (5) - Área máxima do subsolo.....	74
Equação (6) - Área máxima construída	74
Equação (7) - Área de permeabilidade	74
Equação (8) - Número total de unidades	75
Equação (9) – Outorga Onerosa – Índice de Aproveitamento	101
Equação (10) - Outorga Onerosa – Recuos	101
Equação (11) - Outorga Onerosa – Taxa de Permeabilidade	101
Equação (12) - Outorga Onerosa – Taxa de Ocupação	101
Equação (13) - Outorga Onerosa – Gabarito máximo.....	102
Equação (14) - Outorga Onerosa – Valor Final da Outorga (VEP).....	102

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Contextualização e justificativa.....	12
1.2 Problema de pesquisa.....	16
1.3 Objetivos.....	16
1.3.1 Objetivo Geral.....	16
1.3.2 Objetivos Específicos	16
1.4 Estrutura da pesquisa	17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 Estudos de viabilidade de empreendimentos da construção civil	18
2.1.1 Fluxo de caixa	22
2.1.2 Taxa mínima de atratividade (TMA)	23
2.1.3 Valor Presente Líquido - VPL.....	24
2.1.4 Taxa Interna de Retorno (TIR).....	25
2.1.5 Índice de lucratividade	26
2.1.6 Payback	27
2.2 Estimativas de custos.....	28
2.3 Building Information Modeling (BIM).....	32
2.3.1 Nível de desenvolvimento do BIM.....	35
2.3.2 Benefícios do BIM.....	37
2.3.3 BIM e os estudos de viabilidade	39
2.4 Projeto generativo e Programação visual.....	42
3 METÓDO DE PESQUISA	48
3.1 Enquadramento metodológico	48
3.1.1 Paradigma.....	48
3.1.2 Tipo de pesquisa quanto à natureza dos dados, objetivos, lógica e resultados	49
3.1.3 Estratégia de pesquisa	50
3.1.4 Fonte de evidências: coleta de dados	55
3.1.4.1 Revisão da Literatura.....	55
3.1.4.2 Entrevista semiestruturada.....	56
3.1.5 Análise de dados	56
3.2 Delineamento da pesquisa.....	57
3.2.1 Conscientização do Problema	59

3.2.2 <i>Sugestão da proposta de projeto</i>	59
3.2.3 <i>Desenvolvimento</i>	62
3.2.4 <i>Avaliação</i>	63
3.2.5 <i>Conclusão</i>	63
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	64
4.1 Resultados das entrevistas	64
4.1.1 <i>Caracterização dos entrevistados</i>	64
4.1.2 <i>Resultados das entrevistas</i>	65
4.2 Elaboração da ferramenta	71
4.2.1 <i>Construção da lógica</i>	71
4.2.2 <i>Desenvolvimento do código no Dynamo</i>	79
4.3 Estudos de caso com a ferramenta	92
4.3.1 <i>Estudo de caso “A”</i>	92
4.3.2 <i>Validação e melhorias do artefato</i>	97
4.3.3 <i>Estudo de caso “B”</i>	105
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	115
5.1 Sugestão de trabalhos futuros	118
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	119
APÊNDICE A – ROTEIRO DE ENTREVISTA (ARQUITETOS)	130
APÊNDICE B – ROTEIRO DE ENTREVISTA (INCORPORADORES)	132
APÊNDICE C – CÓDIGO DO DYNAMO ANTES DAS AVALIAÇÕES	134
APÊNDICE D – CÓDIGO DO DYNAMO DESENVOLVIDO APÓS AVALIAÇÕES	135

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta o tema do trabalho, justificando sua escolha a partir de uma discussão do contexto a ele relacionado, com os motivos de ordem prática e teórica em que a pesquisa está inserida. Também, serão apresentadas a delimitação do trabalho, o problema de pesquisa, os objetivos gerais e os objetivos específicos.

1.1 Contextualização e justificativa

O mercado imobiliário é um dos setores mais significativos da economia brasileira, sendo um grande gerador de empregos e de renda. Desse modo, é fundamental o sucesso do investimento em empreendimentos imobiliários, pois estes representam uma atividade-chave para o desenvolvimento nacional. Assim, é necessária que se façam análises prévias de viabilidade para garantir maior segurança na tomada de decisão (SILVA et al., 2007).

Considerado um dos termômetros da economia, a construção civil demonstra sua grande fragilidade em períodos de instabilidade macroeconômica. Crises políticas e econômicas provocam o retardamento ou até cancelamento dos investimentos nesse setor (SILVA et al., 2007). Assim, o mercado da construção civil brasileira está em crise devido, em grande parte, à estagnação econômica em que se encontra o país. Junta-se a isso o excesso de lançamentos gerados pelos anos de euforia do mercado imobiliário que fez aumentar a oferta em relação à demanda (HIPPERT; ANDRADE, 2016).

O lançamento de um novo empreendimento imobiliário gera grande impacto para o incorporador, pois é cercada de riscos e incertezas, principalmente devido aos grandes investimentos e à necessidade de aceitação do produto pelo mercado. Apesar disso, o que mais se observa no mercado é a decisão de viabilidade por antecipação, ou seja, a partir de experiências anteriores e percepções da realidade de quem está tomando a decisão, não realizando a verificação formal, por meio do projeto de viabilidade financeira do empreendimento (SILVA et al., 2007).

Dessa forma, para que os empreendedores possam investir seus recursos no setor da construção civil de forma adequada e obtendo retornos financeiros compatíveis com suas expectativas, faz-se necessário a realização de estudos de viabilidade mais confiáveis para apoiar a tomada de decisão (HIPPERT; ANDRADE, 2016).

Os estudos de viabilidade são importantes para a construção civil, pois, a partir deles, será determinado se o empreendimento seguirá em frente, ou não, avaliando o risco

financeiro e econômico envolvidos no processo. Entretanto, de acordo com Abreu, Barros Neto e Heineck (2008), a avaliação econômica de projetos, muitas vezes, é realizada intuitivamente por donos das empresas ou responsáveis pela tomada de decisão, sem levar em consideração as técnicas propícias para análise de investimentos e os dados existentes sobre o investimento, podendo acarretar em resultados em desacordo com a realidade dos mercados analisados.

A análise de viabilidade compreende a comparação entre as receitas e os gastos da obra considerando o tempo decorrido. Caso os resultados sejam positivos, o processo pode prosseguir, caso contrário, o projeto deve ser ajustado ou até descartado. Assim, é essencial a criação de diferentes cenários, correspondentes às diversas possibilidades de uso e volumetria que a legislação local e outros imperativos técnicos possam determinar, percebendo, assim, os impactos financeiros que essas mudanças podem ocasionar (SOARES; AMORIM, 2012).

Para Donath e Lobos (2008), antes do design dos prédios residenciais, os arquitetos devem projetar um volume teórico como uma referência visual do código de planejamento e construção de zoneamento 'padrão' aplicado no lote e, em seguida, eles podem projetar um volume diferente que atenda a outras legislações específicas. Encontrar o volume ideal, que satisfaça todas essas variáveis em um tempo razoável, é uma tarefa complexa nesses estudos de viabilidade.

Na etapa de estudos de viabilidade, é essencial conhecer as estimativas de custos do empreendimento que se planeja construir, para atestar se é interessante ou não seguir com esse tipo de projeto. Assim, de acordo com Sakamori (2015), a estimativa de custos, dentro de um ciclo de vida de um empreendimento de engenharia, é uma importante ferramenta nos processos de tomada de decisões.

Estimar os custos é o processo de desenvolvimento do levantamento dos recursos monetários necessários para executar as atividades do projeto, o que inclui a identificação e a consideração das alternativas de custo para iniciar e terminar o projeto (PMI, 2013). O cálculo de custos preliminares é geralmente baseado em experiências de projetos anteriores ou em custos parametrizados, podendo ser, por exemplo, estimativas em relação ao metro quadrado de construção e ao padrão ou tipo de construção a ser realizada (alto, médio, baixo padrão, comercial ou hospitalar) (SABOL, 2008).

Com as demandas do mercado atual, é cada vez mais necessário gerenciar melhor os custos de um empreendimento, o que exige uma metodologia capaz de gerar informações com qualidade e em tempo hábil que facilite a tomada de decisão. Entretanto, a metodologia utilizada atualmente ainda não permite esse nível de confiança, pois se baseia em metragem quadrada de pisos, não diferenciando soluções de mesma metragem, mas distintas volumetrias,

havendo uma análise comparativa dos cenários defasada. Além disso, integrar a análise de custo nas etapas iniciais dos estudos de um empreendimento imobiliário permite a comparação expedita de diferentes cenários, e pode contribuir para melhores resultados financeiros e arquitetônicos (SOARES; AMORIM, 2012).

Assim, os arquitetos, na fase de projeto conceitual, são capazes de aproximar com precisão a área de massa, a alocação de soluções e a estrutura dos componentes para reduzir erros de julgamento humano devido a decisões tomadas com base em experiências passadas. Assim, além das avaliações legais, combinar estrutura com a área do piso e ser capaz de estimar com precisão a massa da edificação, atualmente, são questões importantes a serem alcançadas (HUANG; CHANG; SHIH, 2014).

Com isso, os construtores e os incorporadores estão sempre buscando formas de otimizar o seu trabalho e reduzir seus custos. Assim, para a indústria da construção civil, o *Building Information Modeling* (BIM) tem se tornado um diferencial cada vez mais importante devido às suas vantagens, que poupam tempo e dinheiro. Um modelo preciso, virtual e completo de informações pode dar suporte aos processos críticos e as etapas construtivas que os construtores têm que lidar, sendo uma base de extração de informação da construção durante todo o ciclo de vida do empreendimento, desde a concepção, estudos de viabilidade, até a pós-finalização (EASTMAN et al., 2014).

Diferentemente de um simples modelo 3D, o BIM é uma filosofia de trabalho que integra arquitetos, engenheiros e construtores na elaboração de um modelo virtual preciso, o qual gera uma base de dados que contém informações necessários para orçamento, cálculo energético, previsão das fases da construção, entre outras atividades (MENEZES, 2011).

O BIM oferece, ainda, uma tecnologia potencialmente transformadora, por meio de sua capacidade de fornecer um recurso digital compartilhado para todos os participantes no gerenciamento do ciclo de vida de um edifício, desde o projeto preliminar até o gerenciamento de instalações prediais. (SABOL, 2008). Existem inúmeros benefícios relacionados à utilização do BIM. Dentre elas, podemos citar: modelo 3D prévio da edificação, simulações (mudanças de estrutura, acabamento, estudo de massa), detecção de interferências, extração automática de quantitativos, estimativa de custos, visualização da sequência da construção, documentos mais consistentes, acompanhamento da edificação durante todo o seu ciclo de vida, entre outros (AZHAR, 2011; CBIC, 2016).

Além disso, de acordo com Cheung et al. (2012), o BIM pode gerar modelos aplicados a estimativas de custos por meio do desenvolvimento de modelos de massas, disponíveis na fase em que os edifícios são representados por blocos de massas, no qual é

possível utilizar os mesmos para avaliar o potencial e restrições de um projeto como parte do estudo de viabilidade (CHEUNG et al, 2012).

A exploração de uma ampla gama de alternativas de *design* de massa de construção pode ajudar a identificar a aplicação apropriada dessas estratégias para o projeto, entretanto os projetos de massa de construção têm se mostrado, muitas vezes, parciais e limitados, pois gerar manualmente muitas configurações e combinações diferentes dessas estratégias é cansativo e demorado. Isso permite que os arquitetos realizem otimização automatizada de um grande número de variantes de *design*. Apesar de muitas aplicações bem-sucedidas, a aplicação de otimização baseada em desempenho para a construção de projetos de exploração em massa ainda é um desafio. Embora certas barreiras tenham sido identificadas por outros pesquisadores, uma barreira crítica é a falta de variabilidade topológica entre essas técnicas, uma vez que elas levam em como apenas uma caixa volumétrica, sem formas diferenciadas. Isso significa que as variantes de projeto de massa de construção geradas pelo modelo paramétrico mostram pouca ou nenhuma diferenciação topológica para a mudança de parâmetros, não sendo o ideal para fins práticos. Apesar de obterem resultados positivos em alguns pontos de otimização, a massa encontrada pode não satisfazer todos os aspectos do projeto arquitetônico, como os relacionados às legislações (WANG et al, 2019).

Com isso, pode-se perceber o enorme potencial desta ferramenta na colaboração dos estudos de viabilidade na construção civil, a partir da simulação do empreendimento e dos seus custos preliminares, servindo como uma base mais consistente para a tomada de decisão para o prosseguimento, ou não, de um empreendimento.

Assim, o surgimento do BIM e seu desenvolvimento para projetar e analisar o ciclo de vida do ambiente construído tem consequências sobre como lidar e usar a quantidade crescente de dados de forma eficaz. Com as ferramentas habilitadas para BIM, todos os dados têm um relacionamento direto ou indireto entre si, criando um banco de dados que representa uma cópia digital de um projeto, com inteligência e propriedades incorporadas em seus objetos. Entretanto, o processo de projeto com o BIM ainda é um processo amplamente manual, pois a inteligência paramétrica é embutida nos objetos apenas até certo ponto, dependendo da experiência do projetista com as ferramentas para um bom funcionamento do modelo. As altas expectativas dos clientes, a complexidade de determinados projetos e as condições e pressão para otimizar o fluxo de trabalho resultaram em novas ferramentas de gerenciamento e manipulação de dados. Estas são ferramentas gráficas de programação, que usam a inteligência e flexibilidade de linguagens de programação textuais e incorporam suas funcionalidades em nós gráficos que podem ser visualmente conectados uns aos outros (VOGT, 2016).

Dessa forma, o presente trabalho se justifica pela necessidade de avaliar os impactos que ferramentas BIM, auxiliados por programação visual, podem realizar dentro dos estudos de viabilidade, levando em consideração a volumetria da construção e as exigências legais vigentes, simulando uma maior quantidade de cenários, de forma mais prática, rápida e confiável. Espera-se, então, contribuir com novas metodologias de estudos de viabilidade na construção civil.

1.2 Problema de pesquisa

Diante do exposto, verifica-se que o problema de pesquisa deste trabalho é a baixa confiabilidade dos estudos de viabilidade na atualidade brasileira, o que gera a seguinte problemática: Como melhorar a confiabilidade do estudo de viabilidade de empreendimentos imobiliários da construção civil?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste estudo é desenvolver uma ferramenta computacional que apoie na tomada de decisão em estudos de viabilidade de empreendimentos imobiliários da construção civil, utilizando modelos BIM.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Levantar os principais parâmetros de projeto que podem impactar o custo de uma construção;
2. Identificar as metodologias de estudos de viabilidades atuais;
3. Desenvolver um código, utilizando programação visual, que gere alternativas de construção virtual manipuláveis, de acordo com os parâmetros e custos propostos;
4. Validar o código em casos reais de empreendimentos imobiliários.

1.4 Estrutura da pesquisa

O presente trabalho está dividido em cinco capítulos, abordando desde a contextualização e justificativa com a referente problematização e objetivos, referencial teórico, metodologia, resultados e discussões, e, por fim, conclusão.

O capítulo um introduz o trabalho, buscando contextualizá-lo. A justificativa, a problematização e os objetivos serão detalhadas ao longo do capítulo, garantindo um conhecimento inicial sobre a temática abordada e evidenciando a proposta de trabalho.

O capítulo dois fornece os conceitos sobre o conteúdo abordado ao longo de todo o trabalho a partir da revisão bibliográfica, assim como definir os principais constructos da pesquisa. Definições e princípios gerais quanto aos temas de estudos de viabilidade e BIM são explorados, buscando identificar o que está sendo estudado sobre o tema e quais são os conhecimentos consolidados sobre os mesmos.

O capítulo três apresenta a metodologia que foi adotada para a realização do presente trabalho, mostrando todo o seu passo-a-passo, buscando atingir os objetivos geral e específicos propostos.

O capítulo quatro trata dos resultados e das discussões desenvolvidos ao longo da presente pesquisa, seguindo a metodologia proposta no capítulo anterior, a partir do compilado das entrevistas realizadas e do artefato desenvolvido.

O capítulo cinco, por fim, apresenta as considerações finais a partir dos resultados encontrados e as sugestões para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente capítulo apresenta os conceitos e o contexto geral a respeito dos estudos de viabilidade de empreendimentos da construção civil, do *Building Information Modeling* (BIM) e dos Projetos Generativos, a fim de compreender o cenário atual dos dois temas e como eles podem se correlacionar.

2.1 Estudos de viabilidade de empreendimentos da construção civil

A decisão de investir ou não em um empreendimento da construção civil é uma decisão estratégica para as empresas desse setor. E essa decisão está ligada a uma série de fatores internos e externos a organização. Alguns desses fatores são conhecidos e podem ser controlados (como a capacidade interna produtiva, a captação de recursos financeiros) e outros são estimados ou previstos. Porém, deve-se adicionar as incertezas ao processo, como a inflação, velocidade de vendas, etc. Assim, o estudo de viabilidade tem como objetivo reduzir a exposição do empreendimento a tais riscos, habilitando o empreendedor a reconhecer os impactos diferenciados dos riscos associados a cada vetor de decisão possível (LIMA JUNIOR; MONETTI; ALENCAR, 2011).

Existe uma grande diversidade e complexidade envolvidos nos estudos de viabilidade para novos empreendimentos. Para isso, as grandes construtoras possuem departamentos específicos para realizar todo esse processo, desde o primeiro contato com o terreno, o estudo de massa, indicadores de qualidade, análise de valor, análise de riscos, securitização e decisão final. Todo esse processo estruturado, customizado de acordo com os interesses de cada organização, funciona para as grandes empresas do setor (SOUZA; CALMON; CARNEIRO, 2015).

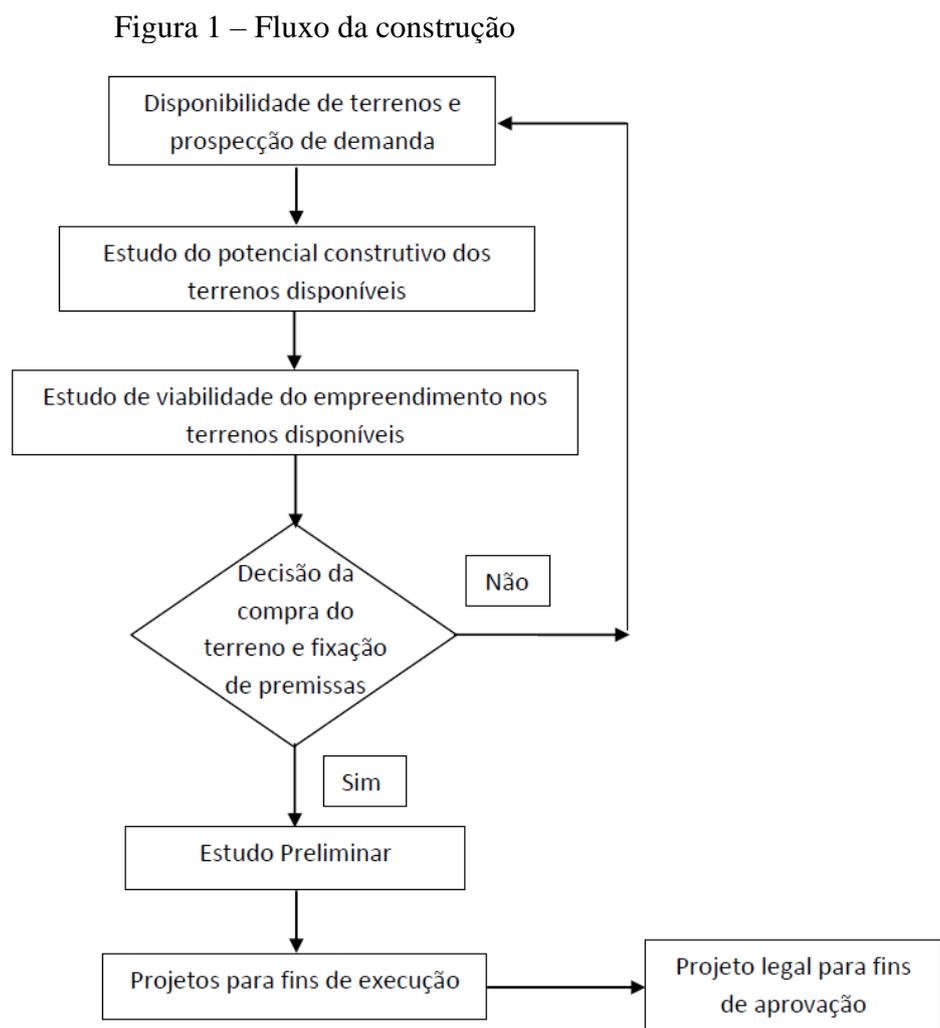
Além disso, investir no setor imobiliário requer grandes montas de recursos, tanto de capital próprio quanto de terceiros e esses investimentos possuem uma baixa flexibilidade, pois quando tomada a decisão por empreender, caso essa decisão não tenha sido apoiada em um planejamento e análise da qualidade, consumirá os recursos de forma mais rápida do que o esperado (ROCHA LIMA JR; MONETTI; ALENCAR, 2011).

Souza (2004) afirma que o estudo de viabilidade de um empreendimento consiste em, através de informações coletas do terreno, simular o empreendimento que pode ser construído e os resultados financeiros que podem ser obtidos dele, diante das variáveis do mercado imobiliário (demanda, custos financeiros, disponibilidade de recursos, concorrência,

etc) e diante das variáveis de construção, projetando os indicadores de resultado financeiro e econômico do empreendimento.

Entretanto, na maioria das vezes é impossível elaborar um orçamento da forma convencional e com resultados financeiros realistas, pois não existem projetos para possibilitar a obtenção das quantidades para os serviços pertencentes a uma obra. No momento do estudo de viabilidade, geralmente, a única quantidade que se tem é a área privativa que se deseja construir, determinado pelo potencial construtivo do terreno (GONÇALVES, 2011).

De acordo com Goldman (2004), para iniciar os estudos de novos empreendimentos, o primeiro passo envolve fazer a sua viabilidade técnico-econômica, para que os incorporadores tenham a dimensão exata dos gastos, dos riscos e da margem de lucratividade do empreendimento. Se a resposta a essa viabilidade for negativa, deve-se tratar de novos empreendimentos, mas caso seja positiva, prossegue-se para a fase de planejamento da construção, como mostrado na Figura 1.



No fluxo de desenvolvimento da construção, uma característica comum em todas as etapas é que as informações de projeto para fins de orçamento evoluem de forma gradual em cada fase, fazendo com que as estimativas de custo sejam feitas com base em estudos simples e sem projetos mais desenvolvidos. Em todas as demais fases, as decisões baseiam-se em projetos ainda em etapas conceituais. A falta de projetos detalhados induz à necessidade de se estimarem custos de construção com pouca informação disponível, que embasarão decisões importantes. A falta de informações não deveria ser obstáculo para a qualidade da estimativa de custo (GONÇALVES, 2011).

Nos estudos de viabilidade, as principais informações desejadas são oriundas de três grandes itens: do potencial construtivo do terreno, da natureza do empreendimento que o incorporador pretende desenvolver (corporativo, salas comerciais ou residencial de determinado padrão) e da localização do terreno. Dessa forma, o potencial construtivo do terreno, somado ao tipo de empreendimento desejado, é expresso no estudo de massa. As informações decorrentes da localização do terreno dizem respeito ao formato e acessos do terreno, à natureza do solo e à disponibilidade de infraestrutura urbana (GONÇALVES, 2011).

Nessa fase de desenvolvimento da construção, as principais variáveis envolvidas na a viabilidade do empreendimento são os gastos (custo do terreno, do projeto, da construção, da corretagem, custos financeiros por empréstimos ou financiamentos, despesas jurídicas, impostos, administrativas da construção e das vendas) e as receitas (venda das unidades do empreendimento) (GOLDMAN, 2004).

Souza (2004) afirma que há duas principais etapas envolvidas do estudo de viabilidade. A primeira etapa é técnica e envolve os estudos dos projetos a serem concebidos, levantando o provável volume das unidades, áreas vendáveis e construídas, de acordo com as exigências vigentes do município. A segunda etapa é o estudo econômico financeiro, envolvendo as expectativas de gastos e de receitas.

Frischmann (2015) afirma que há dois principais momentos envolvidos no início dos estudos de viabilidade:

1. O primeiro é o de reconhecimento do entorno da área. Nesta visita preliminar, é possível identificar os principais acessos ao imóvel, os meios de transporte, a existência de equipamentos urbanos, como praças, escolas e postos de saúde, e de infraestrutura, como redes de energia, água e esgoto. Observar a altura, padrão econômico, e conservação das edificações vizinhas também é importante para ter uma melhor concepção do bairro. Outros pontos importantes a serem examinados são a segurança, o aspecto das ruas, a ocorrência de inundações, a existência de outros terrenos com potencial construtivo e imóveis à venda, assim

como observar o funcionamento do bairro, identificando moradores, visitantes e usuários. Após essa parte, deve ser feita a visita de análise do terreno, na qual examinados outros pontos como vegetação, possibilidade de existência de espécies imunes ao corte e áreas de proteção permanentes, relevo e tipo de solo, uso anterior do terreno, invasão de propriedade, e a constatação de edificações ou estruturas no imóvel (FRISCHMANN, 2015);

2. O segundo momento consiste na análise urbanística da área. Esta análise é realizada através da consulta de diversas legislações, sendo a mais primordial, o Plano Diretor. Nesta consulta é verificada a Lei de Uso e Ocupação Do Solo (LUOS), o coeficiente de aproveitamento, a taxa de ocupação, a altura máxima permitida, os recuos e a taxa mínima de permeabilidade do solo. Além do plano diretor, é necessário examinar outras leis específicas municipais, assim como leis estaduais e federais, que possam impedir a viabilização do empreendimento (FRISCHMANN, 2015).

Para a realização de um estudo de viabilidade, de acordo com Goldman (2004), o setor arquitetônico é de extrema importância, pois ele que fornecerá o projeto arquitetônico e as especificações de acabamento de obra. Na fase de viabilidade, em geral, as empresas ainda não têm o projeto detalhado, em muitos casos nem o projeto básico, sendo apenas um estudo preliminar do empreendimento, fazendo com que a viabilidade possa ocorrer de maneira "estimativa".

Garantir a qualidade de um empreendimento implica diretamente no estudo de massas, pois ele envolve as macrodecisões em relação ao projeto a ser desenvolvido. O estudo de massa é o primeiro projeto a ser desenvolvido e consiste na elaboração de plantas baixas, cortes esquemáticos, e em alguns casos, memorial descritivo e modelos tridimensionais. Deve ser apresentado e aprovado pelo cliente. Além dos pavimentos-tipo, o estudo de massas ainda deve dar atenção a outros itens influenciam diretamente no custo da construção, como o estudo das garagens, das áreas de fachada e das áreas de circulação e como elas podem ser dispostas numa edificação, pois esses itens podem ser um fator decisivo para a viabilização comercial de um empreendimento. A partir do estudo, obtém-se as informações mais importantes para alimentar a viabilidade, como o total e tamanho das unidades, a quantidade de vagas, e a área total construída (SOUZA, 2004; FRISCHMANN, 2015).

Nesta etapa preliminar de estudo, quando se obtém apenas o estudo de massas, o custo de construção pode ser estimado através do cálculo da área equivalente total global, multiplicado pelo Custo Unitário Básico da Construção Civil (CUB) (FRISCHMANN, 2015).

De maneira geral, Souza (2004) afirma que, com o estudo de viabilidade finalizado, com base em todos os dados obtidos, a empresa realiza uma análise crítica do estudo,

verificando o interesse no empreendimento. A análise é feita em cima de cada um dos fatores determinantes para a viabilidade, como o estudo do terreno, o estudo de massas (máxima eficiência do projeto), o estudo comercial, estudo da construção, estudo da incorporação e o resultado financeiro final. Assim, efetuadas as análises, a equipe emite um parecer final contendo o interesse, ou não, de adquirir o terreno, orientações a serem seguidas e estabelecimentos de parâmetros de negociação. Por fim, o parecer deve ser aprovado pela diretoria comercial.

É válido ressaltar que o custo definido nos estudos de viabilidade é apenas uma referência que, se não for acompanhado da gestão do processo de projeto, terá pouca utilidade para a construção em si. Durante o processo de gerenciamento do projeto é fundamental que as premissas adotadas desde o início do estudo possam ser verificadas, validadas, corrigidas ou mesmo alteradas, caso necessário, antes do processo de aprovação e vendas, os quais criam comprometimento com os clientes e com os órgãos públicos (FRISCHMANN, 2015).

Para se efetuar a decisão do investimento, ou não, em empreendimento, é necessário considerar a rentabilidade do investimento, a disponibilidade de recursos e os fatores não conversíveis em dinheiro. Em situações em que os aspectos econômicos como o lucro e a rentabilidade, são fatores importantes a serem observados, devem ser utilizados estudos comparativos envolvendo os seguintes indicadores (CASAROTO FILHO; KOPITTKE, 2010):

1. VPL – Valor Presente Líquido;
2. TIR – Taxa Interna de Retorno;
3. *PAYBACK* - Tempo de Recuperação de Capital.

Além disso, a NBR 14.653-4 (ABNT, 2002) ainda acrescenta que a viabilidade econômica é definida de acordo com as taxas internas de retorno e os índices de lucratividade, fora os itens citados anteriormente, que podem ser observados melhor a seguir.

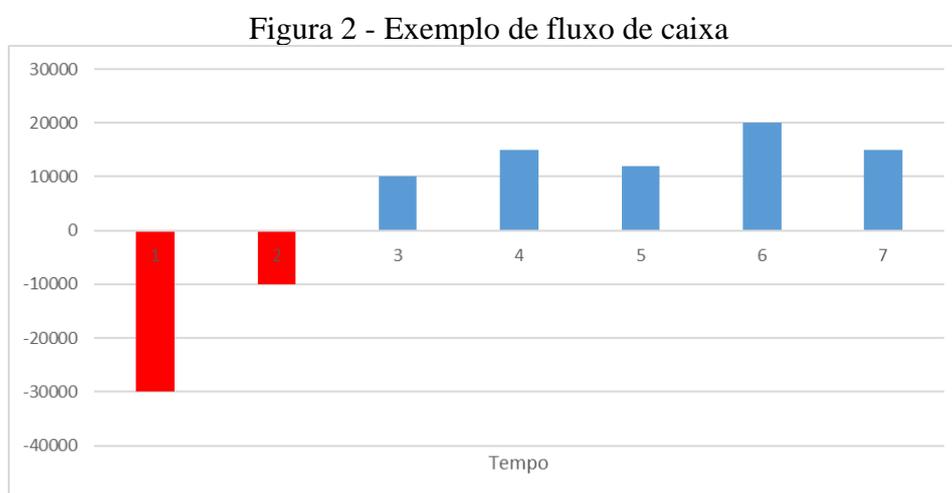
2.1.1 Fluxo de caixa

De acordo com a NBR 14.653-4 (ABNT, 2002), o fluxo de caixa é a sequência de receitas e gastos de um empreendimento durante um determinado tempo a ser analisado.

Assim, para Trevisan (2015), o fluxo de caixa é um dos primeiros passos a serem dados quando se inicia um estudo de viabilidade, pois não basta orçar as entradas e saídas que constituem um projeto, se não estiverem distribuídas ao longo do tempo, apresentadas de forma que se tenha um cronograma financeiro do empreendimento (TREVISAN, 2015).

O fluxo de caixa permite que o empreendedor faça o planejamento do seu empreendimento a partir das entradas e das saídas de dinheiro. Assim, caso o saldo esteja no negativo, o empreendedor sabe que este é o momento de verificar a possibilidade de um empréstimo ou de um financiamento (DEGEN, 2009).

De acordo com Casorotto Filho e Kopittke (2010), o diagrama de fluxo de caixa, que pode ser visualizado na Figura 2, possui no eixo horizontal a representação do tempo, que deve ser igual ao período de capitalização dos juros considerados. Assim, durante o período adotado são distribuídas as movimentações financeiras, tanto de entradas (setas para cima) quanto de saídas (setas para baixo).



Fonte – Elaborado pelo autor (2020).

2.1.2 Taxa mínima de atratividade (TMA)

Segundo a NBR 14653-4 (ABNT, 2002), a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) refere-se a taxa de desconto do fluxo de caixa, compatível com a natureza e características do empreendimento, bem como com a expectativa mínima de emulação do empreendedor, em face de suas carteiras de ativos.

Em investimentos, é extremamente pertinente uma análise comparativa de investimento com receitas futuras projetadas em períodos anuais, com base em um custo de oportunidade do investimento, porque no momento em que se decide investir em um projeto, é necessário abrir mão do rendimento do capital em aplicações financeiras, ou em uma Taxa mínima de atratividade em que o mercado poderia remunerar o respectivo capital investido. Assim, a TMA é uma taxa que pode ser definida de acordo com a política de cada empresa e é

de grande importância na decisão de alocação de recursos nos projetos de investimento (DALONGARO; BAGGIO, 2017).

2.1.3 Valor Presente Líquido - VPL

O Valor Presente Líquido (VPL) é definido como a soma de todos os fluxos de caixa com o desconto de uma taxa de juros, previamente definida, trazidas para o valor presente. O VPL permite acumular todos os valores no tempo presente e retornar um valor que pode ser analisado como sendo positivo ou negativo. Para o investimento ser aceito, é necessário que o VPL seja igual ou maior que zero, para uma taxa de desconto equivalente ao custo e ao risco (ABNT, 2002; CASAROTO FILHO; KOPITTKE, 2008; TREVISAN, 2015).

Para calcular o VPL de um projeto, desconta-se seus futuros fluxos de caixa livres usando uma taxa de desconto, adicionando-se os fluxos de caixa livres descontados e subtrai-se o investimento inicial do total. Se o resultado final for positivo, o projeto deve ser aceito; se for negativo, o projeto deve ser rejeitado (JORY et al, 2016).

Para Gitman e Zutter (2017), o VPL considera o valor do dinheiro no tempo, utilizando técnicas que descontam de alguma maneira os fluxos de caixa da empresa a uma taxa especificada. Essa taxa consiste no retorno mínimo que um projeto ou empreendimento precisa proporcionar para manter inalterado o valor de mercado da empresa.

Abreu, Barros Neto e Heineck (2008) afirmam que o processo de tomada de decisão de um investimento deve fundamentar-se no objetivo fim da empresa, que é a maximização da riqueza dos proprietários, conciliando a relação entre risco e retorno no fluxo de caixa descontado. Ou seja, devem ser aceitos projetos cujos valores presentes dos benefícios (ingressos de recursos) sejam superiores aos valores presentes dos custos (desembolsos de recursos). Assim, o método mais robusto para o processo de análise de investimento é o VPL, dado que não apresenta nenhuma restrição significativa de utilização.

Assim, de acordo com Gitman e Zutter (2017) o VPL é encontrado subtraindo-se o investimento inicial de um projeto do valor presente de suas entradas de caixa descontadas à taxa de custo de capital da empresa, podendo ser calculado a partir da seguinte Equação 1:

$$VPL = \sum_{j=0}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} \quad (1)$$

Onde:

VPL = valor presente líquido;

j = período de análise;

FC j = fluxo de caixa para o período considerado;

i = representação das taxas de juros incidentes.

Para Abreu, Barros Neto e Heineck (2008), essa técnica possui as vantagens de ser uma medida absoluta de valor, evidencia uma noção do risco envolvido, considera o valor do dinheiro no tempo, é consistente com o objetivo das organizações e considera todos os fluxos de caixa envolvidos. Entretanto, ela não permite comparação em termos de taxa.

2.1.4 Taxa Interna de Retorno (TIR)

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é, provavelmente, a mais usada das técnicas sofisticadas de orçamento de capital, sendo o valor que representa a rentabilidade de um investimento por unidade de tempo e a taxa de juros composto que retorna o VPL de um investimento a zero. Ou seja, a taxa de retorno anual composta que a empresa obterá, se investir no projeto e receber as entradas de caixa previstas. Matematicamente, a TIR é o valor que faz com que o VPL seja igual a 0. Assim, o TIR é a taxa de juros a ser aplicada sobre o valor presente das entradas de caixa para igualar ao valor presente das saídas do investimento, podendo ser representado pela Equação 2 abaixo (CASAROTTO FILHO; KOPITTKKE, 2008; TREVISAN, 2015; GITMAN; ZUTTER, 2017):

$$0 = \sum_{j=0}^n \frac{EC_j}{(1+i)^j} - \sum_{j=0}^n \frac{SC_j}{(1+i)^j} \quad (2)$$

Onde:

SC = saídas de caixa;

EC = entradas de caixa;

i = Taxa interna de retorno (TIR);

j = período de análise.

A TIR tem sido usada há anos por economistas e engenheiros para estimar a lucratividade dos projetos. Sua definição está enraizada nos procedimentos do Fluxo de Caixa

Descontado (DCF), uma metodologia que é utilizada para “ponderar” os fluxos de caixa que ocorrem no “momento presente” de alguma maneira racional, de modo a representar seu valor em relação aos fluxos de caixa “futuros”. Quando associada ao valor presente líquido (VPL), a TIR forma a segunda medida necessária de rentabilidade. A TIR ainda representa um conceito igualmente simples, um número único que não depende de forma alguma de questões de financiamento (se dinheiro é usado para comprar o objeto, se não, qual taxa de juros pode ser paga e outros termos de um empréstimo, etc.) (MELLICHAMP, 2017).

Dalongaro e Baggio (2017) afirmam que para que o investidor possa ganhar mais dinheiro com o projeto escolhido, a TIR tem que ser maior que a TMA. Entretanto, Abreu, Barros Neto e Heinenk (2008) afirmam que a TIR não é um bom critério de classificação, pois em comparações de projetos há a possibilidade de ocorrência de situações onde o projeto de maior TIR tenha menor VPL. Neste caso, a melhor alternativa é o VPL, que representa uma medida absoluta de valor monetário. Dessa forma, a TIR é melhor utilizada como um critério para auxiliar o VPL na tomada de decisão.

Trevisan (2015) ainda completa que analisar a rentabilidade de um investimento apenas pela TIR ou pelo VPL pode afetar negativamente algumas decisões de investimento, devido ao reinvestimento de entradas de caixa intermediárias. O autor afirma que a TIR assume que todos os fluxos de entrada serão aplicados a uma taxa igual do projeto em questão, podendo gerar uma estimativa não condizente com a realidade. Caso não se consiga reinvestir o valor das entradas intermediárias de caixa pelo mesmo valor da TIR pode haver mais de uma TIR real, algo que não ocorre ao utilizar-se o método de VPL.

A TIR possui como principais vantagens com a medida relativa de valor permitindo a comparação com outras taxas e possui um excelente critério de aceitação. Como desvantagens, pode-se citar o difícil cálculo para quem não possui calculadoras financeiras ou computadores, possui diferentes critérios para os tipos de investimentos ou financiamento, não é um bom critério de classificação, há situações onde se encontram múltiplas taxas internas de retorno (neste caso, a TIR não tem significado, deve-se utilizar o VPL para se tomar a decisão) e também há situações onde não se obtém nenhuma taxa interna de retorno (recorrer ao VPL) (ABREU; BARROS NETO; HEINECK, 2008).

2.1.5 Índice de lucratividade

Segundo Abreu, Barros Neto e Heineck (2008), em diversos casos deve-se fazer escolhas entre projetos de diferentes abrangências e o VPL acaba por não permitir que haja uma

classificação, em termos de rentabilidade, por ser ele um valor absoluto. Assim, o índice de lucratividade (IL) foi concebido para que seja possível obter uma medida relativa.

Assim, para Groppelli e Nikbakht (2010), o índice de lucratividade trata-se da comparação do valor presente das entradas de caixa futuras em relação ao investimento inicial de um empreendimento. Esse valor pode ser encontrado a partir da Equação 3 a seguir:

$$IL = \frac{VALOR\ PRESENTE\ DOS\ INGRESSOS}{VALOR\ PRESENTE\ DOS\ DESEMBOLSOS} \quad (3)$$

Para que um projeto seja aceito, o VPL (Valor Presente Líquido) influi diretamente, pois se o valor do VPL for positivo, o IL será mais que um. Consequentemente, se o VPL for negativo, o IL será menor que um. Assim, utiliza-se as seguintes regras para o índice de lucratividade (GROPPELLI; NIKBAKHT, 2010):

- a) Caso $IL > 1$ – o projeto deve ser aceito;
- b) Caso $IL = 1$ – o projeto é indiferente;
- c) Caso $IL < 1$ – o projeto não deve ser aceito.

2.1.6 Payback

Para Casarotto Filho e Kopitke (2008), o *payback* é o principal método (não exato) para a análise de empreendimentos, pois, de acordo com a NBR 14.653-4 (ABNT, 2002) o *payback* é o período necessário para que os resultados líquidos acumulados do empreendimento se equivalem aos investimentos efetuados.

O período de *payback* é o tempo necessário para que a empresa recupere o investimento inicial em um projeto, calculado a partir das entradas de caixa. Embora popular, o período de *payback* costuma ser considerado uma técnica pouco sofisticada de análise de orçamento de capital, por não considerar explicitamente o valor do dinheiro no tempo. Assim, usa-se o período de *payback* para tomar decisões de aceitação se o período for menor do que o período máximo aceitável. Caso e o período de *payback* for maior do que o período máximo aceitável, rejeita-se o projeto. A duração do período máximo aceitável de *payback* é definida pela direção da empresa com base em uma série de fatores, tratando-se de um valor que a administração acredita que, em média, resultará em decisões de investimento geradoras de valor (GITMAN; ZUTTER, 2017).

Abreu, Barros Neto e Heineck (2008) afirmam que o *payback* possui como principais vantagens a fácil aplicação, simples interpretação, noção de risco do projeto, trabalho com base nos fluxos de caixa e não lucro. Como desvantagens têm-se que ele despreza os fluxos de caixa após o *payback*, não necessariamente o projeto de menor *payback* é o mais rentável, obtêm-se o *payback* pela divisão simples do desembolso inicial pelos fluxos de caixas anuais e se o investimento produz fluxos variados durante sua vida útil teremos de amortizar gradualmente o investimento inicial até chegarmos no ponto em que o desencaixe inicial retorne ao investidor.

2.2 Estimativas de custos

O orçamento na construção civil pode ser definido como a estimativa dos gastos necessários para a realização do mesmo, sendo de extrema importância para um bom planejamento, pois ele serve como base para o sucesso de um empreendimento. Assim, o orçamento deve satisfazer os objetivos de definir o custo de execução, elaborar um documento contratual para o faturamento da empresa, analisar os rendimentos obtidos dos recursos empregados na execução, entre outras funções. O orçamento de um projeto se baseia na previsão de ocorrência de atividades futuras, logicamente ligadas entre si e que consomem diferentes recursos, acarretando custos que são, em geral, expressos em termos monetários, sendo uma previsão de custos ao longo do prazo de execução do projeto, podendo se assemelhar ao real (LIMMER, 1997).

Entretanto, Mattos (2006) afirma que orçar não é um mero exercício de futurologia ou adivinhação, pois um trabalho bem executado, com critérios técnicos bem estabelecidos, utilizando informações confiáveis e um bom julgamento dos profissionais envolvidos, é possível atingir resultados acurados, mas não exatos, pois o verdadeiro custo de um empreendimento é virtualmente impossível de se estabelecer de antemão. Então, o orçamento deve envolver uma estimativa de custos em função da qual o construtor irá atribuir seu preço de venda, que pode variar em três tipos de graus de detalhamento possíveis, do menor para o maior: a estimativa de custos, o orçamento preliminar e o orçamento analítico.

A precisão da estimativa de um projeto aumentará conforme o mesmo avance no seu ciclo de vida. Por exemplo, um projeto na fase inicial poderia ter uma faixa de erro na ordem de grandeza estimada em -25% a +50%. Conforme mais informações são conhecidas, as estimativas podem estreitar para uma faixa de precisão de -5% para +10% (PMI, 2013).

Assim, Mattos (2006) define a estimativa de custos como uma forma de previsão, pois muitos dos fatores que são levados em consideração ainda não estão bem estabelecidos e podem influenciar e contribuir para os custos de um empreendimento. Esse processo envolve a identificação, descrição, quantificação, análise e valorização de uma grande série de itens, requerendo muita atenção e habilidade técnica para não ocorrer enganos, principalmente por ocorrer antes da construção do empreendimento, assim como os demais.

Para o PMI (2013), estimar os custos é uma avaliação quantitativa dos custos prováveis dos recursos necessários para completar a atividade, tendo como principal benefício a definição dos custos exigidos para concluir os trabalhos do projeto. Sakamori (2015) afirma que, nesta fase, consideram-se também as variâncias que podem ocorrer nos custos durante o ciclo de vida do mesmo.

A estimativa de custos se baseia em uma avaliação que utiliza custos históricos e comparações com projetos similares, chegando-se a uma percepção aproximada da ordem de grandeza do custo do empreendimento (MATTOS, 2006). Esses custos são estimados para todos os recursos presente no projeto, como mão de obra, materiais, equipamentos, serviços e instalações, assim como provisão para inflação, custos de recursos financeiros ou custos de contingências (PMI, 2013).

Geralmente, a estimativa busca obter o custo da obra através das áreas de construção por custos unitários com indicadores por metro quadrado. Inúmeras são as fontes para esse parâmetro, sendo o Custo Unitário Básico (CUB) o mais utilizado, mas isso não impede que empresas ou construtoras possam usar seus próprios indicadores (MATTOS, 2006).

O CUB/m² é calculado com base nos projetos-padrão estabelecidos pela ABNT NBR 12721:2006, utilizando os seus lotes básicos de insumos (materiais de construção, mão de obra, despesas administrativas e aluguel de equipamentos), e um peso para cada deles, definido pela norma, tornando o cálculo simples, com resultados realistas. Para isso, esses valores são pesquisados mensalmente, em todos os estados, como mostra a Figura 3, pelos Sindicatos da Indústria da Construção (Sinduscon) de todo o País, que são compilados pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), através do seu Banco de Dados, para cálculo do CUB médio Brasil. O objetivo é acompanhar a evolução dos CUBs estaduais e regionais, além dos preços de seus itens componentes, utilizando o CUB médio Brasil como parâmetro com o qual se pode comparar e balizar não apenas os CUBs regionais, mas também os outros indicadores nacionais para o setor (CBIC, 2013).

Figura 3 – CUB no mês 10/2018 no estado do Ceará

VALORES EM R\$/m²**PROJETOS - PADRÃO RESIDENCIAIS**

PADRÃO BAIXO			PADRÃO NORMAL			PADRÃO ALTO		
R-1	1.146,07	0,14%	R-1	1.374,43	0,57%	R-1	1.686,06	0,75%
PP-4	1.044,96	0,04%	PP-4	1.281,96	0,55%	R-8	1.366,39	0,69%
R-8	995,86	0,10%	R-8	1.120,17	0,60%	R-16	1.404,37	0,73%
PIS	773,13	-0,08%	R-16	1.085,16	0,61%			

PROJETOS - PADRÃO COMERCIAIS CAL (Comercial Andares Livres) e CSL (Comercial Salas e Lojas)

PADRÃO NORMAL			PADRÃO ALTO		
CAL-8	1.280,76	0,54%	CAL-8	1.366,81	0,59%
CSL-8	1.113,48	0,58%	CSL-8	1.209,79	0,71%
CSL-16	1.482,16	0,59%	CSL-16	1.610,94	0,71%

PROJETOS - PADRÃO GALPÃO INDUSTRIAL (GI) E RESIDÊNCIA POPULAR (RP1Q)

RP1Q	1.184,96	0,21%
GI	642,41	0,47%

Fonte – Sinduscon/CE (2018).

De acordo com o PMBOK, elaborado pelo PMI (2013), existem diferentes técnicas de estimativa de custos, podendo-se citar algumas, como:

1. Opinião especializada: guiada por informações históricas, fornece um discernimento valioso sobre o ambiente e informações de projetos passados similares;

2. Estimativa análoga: usa valores reais, como escopo, custo, orçamento e duração ou medidas de escala como tamanho, peso e complexidade de um projeto anterior semelhante como base para estimar o mesmo parâmetro ou medida para o projeto atual. É frequentemente usada para estimar um valor quando há uma quantidade limitada de informações detalhadas sobre o projeto como, por exemplo, na sua fase inicial. Ela é geralmente menos dispendiosa e consome menos tempo que outras técnicas, mas normalmente é também menos precisa;

3. Estimativa paramétrica: utiliza uma relação estatística entre dados históricos relevantes e outras variáveis (por exemplo, metros quadrados em construção) para calcular uma estimativa de custos para o trabalho do projeto. Esta técnica pode produzir altos níveis de precisão dependendo da sofisticação e dos dados básicos colocados no modelo;

4. Estimativa "Bottom-Up": método para estimar um componente do trabalho. O custo de pacotes de trabalho individuais ou atividades é estimado com o maior nível de detalhes especificados. O custo e a precisão da estimativa de custos "bottom-up" geralmente são influenciados pelo tamanho ou complexidade da atividade individual ou pacote de trabalho.

A precisão das estimativas de custo passou a ser o principal foco dos estudos de viabilidade de empreendimentos da construção civil. Algumas empresas passaram a sentir a

necessidade de associar o custo de construção às decisões de projeto, apesar de que a maioria das metodologias ainda prefere definir o custo nos estágios iniciais do negócio da forma tradicional, com base no valor do m² por similaridade de projetos (GONÇALVES, 2011).

Losso (1995) afirma que métodos que estimam custos unicamente por área edificada nada mais são do que comparações simplistas entre áreas de uma edificação e outra, desprezando-se as características geométricas que têm grande influência nos custos e não variam em função da área. Para Gonçalves (2011), os métodos tradicionais de gerenciamento de custo não servem às necessidades do cliente e o método de orçamentação por parametrização representa um avanço significativo no sentido da solução deste problema.

A estimativa paramétrica é uma técnica em que um algoritmo é usado para calcular o custo e duração de um empreendimento com base em dados históricos e parâmetros do projeto. Assim, a estimativa paramétrica utiliza uma relação estatística entre dados históricos e outras variáveis (por exemplo, metros quadrados em construção) para calcular uma estimativa para parâmetros da atividade, tais como custo, orçamento e duração (PMI, 2013).

Assim, o orçamento paramétrico é uma ferramenta fundamental para tomada de decisão quanto à viabilidade de um empreendimento, pois gestores de empresas da construção civil almejam que a viabilidade financeira de um empreendimento possua um grau de precisão adequado. A necessidade de implementar alterações na estimativa de custo para melhor produtividade, além de estabelecer procedimentos estruturados para definição de custo para acompanhamento, advém da ausência de índices históricos e controle de custos (BARROS; FALCÃO, 2016).

O processo de parametrização segue o mesmo critério para qualquer tipo de edificação, seja ela residencial, comercial ou de outra modalidade. Para melhor definição dessas grandezas, é necessário que o profissional estimador tenha significativo conhecimento de projeto, construção e orçamentação, pois o histórico de construções passadas vai constituir o banco de dados para os novos estudos de custo. As quantidades obtidas através da parametrização não são exatas, mas uma estimativa confiável para um estágio onde não existem projetos iniciados. É importante ressaltar que a parametrização, além de permitir uma estimativa com mais confiabilidade dos custos possíveis de serem atingidos na fase de construção, permite também simulações de alternativas, apoiando as decisões das soluções arquitetônicas e de engenharia, de forma a se manter, durante todo o processo de projeto, as premissas adotadas (GONÇALVES, 2011).

O orçamento paramétrico pode produzir altos níveis de acurácia, dependendo da sofisticação e dos dados colocados no modelo. Quaisquer relações históricas que resultam em

estimativas paramétricas envolvem o uso de características de projetos para desenvolver modelos matemáticos para prever o custo total do projeto. Tais modelos podem ser simples (construção residencial é baseada num custo por metro quadrado) ou complexos (um modelo de custo para o desenvolvimento de software usa múltiplos fatores separados de ajuste, cada qual com numerosos pontos internos). Assim, o custo e a exatidão são provavelmente mais confiáveis quando informações históricas usadas para desenvolver o modelo são precisas, os parâmetros usados no modelo são facilmente quantificáveis e os modelos podem ser ajustados quanto a sua escala, de tal modo que funcionem para projetos grandes e pequenos, e até em apenas fases de um projeto (PMI, 2013).

2.3 Building Information Modeling (BIM)

Eastman et al. (2014) definem a Modelagem da Informação da Construção (*Building Information Modeling – BIM*), como um modelo virtual preciso em formato digital que, quando completo, é capaz de simular a geometria exata e as informações relevantes de cada elemento da edificação.

O BIM pode ser entendido como uma plataforma de informação, facilitadora da construção de um edifício, sendo considerado um catalisador de mudança, visando reduzir a fragmentação da indústria, melhorar a sua eficiência/eficácia e baixar os custos elevados da interoperabilidade inadequada. Isso tudo através de um modelo virtual de dados que permite a simulação de projetos, cálculo dos custos, planejamento, gerenciamento e manutenção da construção (SUCCAR, 2009).

Além disso, o BIM pode ser considerado um conjunto de políticas, processos e tecnologias que, quando combinados, permitem gerenciar, coordenar e planejar o processo de projetar uma edificação e verificar seu desempenho, utilizando os armazenamentos de informações e dados contidos no modelo, através de plataformas digitais (baseadas em objetos virtuais), durante todo seu ciclo de vida. Portanto, trata-se de uma plataforma de trabalho, que é baseada em modelos, ou seja, uma representação digital multidimensional das características físicas e funcionais de uma edificação ou instalação. e não apenas em documentos, desenvolvidos pela tecnologia predecessora, o CAD – *Computer Aided Design* (CBIC, 2016).

O BIM, como uma tecnologia, não é novidade no mercado, pois, sob diferentes nomes, como modelo de produto, construção virtual e modelo de objeto inteligente, está em uso há mais de vinte anos. Assim, o desenvolvimento de ferramentas de criação e análise com BIM vem se mostrando evolutivo e oportunista. Assim, esse cenário vem ajudado o setor a saber que

simular um processo centrado em papel utilizando um computador (CAD 2D) não é eficiente o suficiente e não usa a tecnologia em sua capacidade máxima (NBIMS, 2007).

A plataforma BIM permite que o trabalho seja integrado pelos arquitetos, engenheiros e construtores na elaboração do modelo virtual, que gera uma base de dados que contém os mais diversos tipos de informações, sejam geométricas, orçamentárias, energéticas, entre outras. Assim, o BIM vem se mostrando uma alternativa ao método tradicional de se projetar (MENEZES, 2011).

Assim, o BIM inclui estruturas e tecnologias que podem suportar a colaboração das partes interessadas ao longo do ciclo de vida dos projetos, sendo capaz de inserir, extrair, atualizar ou modificar informações no modelo. As aplicações BIM produzem mais dados e informações utilizáveis para visualizações e simulações do que as ferramentas de aplicação de projetos tradicionais (desenhos 2D técnicos e documentos). Acredita-se que o BIM transforme a maneira como o ambiente construído opera (MOTAWA, CARTER, 2012).

Com o BIM, o edifício é representado por objetos que possuem códigos e regras que reproduzem os componentes do que está sendo modelado, representando uma maquete idêntica da construção. Esses objetos, chamados de parametrizados, representam cada elemento do projeto, tais como: paredes, portas, janelas entre outros, possuindo atributos parametrizados como materiais, finalidade, especificações e custos (DINIZ, 2013).

A parametrização dos objetos auxilia na tomada de decisão, pois associar o modelo com informações gráficas e não gráficas permite a realização de simulações dos processos construtivos, análises de desempenho de conforto da edificação e estudos de viabilidade do empreendimento, permitindo a simulação de várias alternativas a fim de encontrar a que melhor atende as necessidades dos *stakeholders* (SAKAMORI, 2015).

O potencial do BIM, bem como sua capacidade de integrar diferentes participantes, certamente dependerá da adoção de processos padronizados, juntamente com a aquisição de equipamentos tecnológicos capazes de lidar com o software necessário, além de treinamento e educação necessários e analisar corretamente as informações fornecidas. Consequentemente, surge o paradigma BIM definido pela tríade de políticas, processos e tecnologia (PONTES, 2016).

A definição de todas as entidades envolvidas no BIM é essencial para entender os fluxos de dinâmica e informação que seguem a adoção da ferramenta. Succar (2009) define os três campos, que interagem entre si, como mostrado a seguir:

1. O campo da política BIM: O campo de interação que gera pesquisa, talentos, padrões e melhores práticas com a finalidade de salvaguardar os benefícios e minimizar a

contestação entre as partes interessadas da AECO. Envolve os governos, pesquisadores, instituições de ensino, seguradoras e órgãos reguladores, gerando regulamentos, diretrizes, normas, melhores práticas, benchmarks, acordos contratuais, programas educacionais, entre outros;

2. O campo do processo BIM: O campo de interação entre projeto, construção e requisitos operacionais com o objetivo de gerar e manter estruturas e instalações. Envolve os proprietários, operadores, arquitetos, engenheiros, estimadores, agrimensores, desenvolvedores, empreiteiros, fornecedores de subempreiteiros, fabricantes, gerentes de instalações, gerando produtos e serviços de construção, incluindo desenhos, documentos, modelos/componentes virtuais, componentes físicos, estruturas e instalações;

3. O campo de tecnologia BIM: O campo de interação entre software, hardware, equipamentos e sistemas de rede com a finalidade de permitir ou apoiar o projeto, a construção e a operação de estruturas e instalações. Envolve empresas de software, hardware, rede e equipamentos, além de seus canais de desenvolvimento e vendas, gerando software, hardware, periféricos, soluções de rede e equipamentos de escritório/site.

Trocas de informação e conhecimento são caracterizadas por serem do tipo push-pull, que são os tipos de interações que ocorrem entre os campos BIM. Transações de amostra incluem transferências de dados, dinâmica de equipe e relações contratuais entre campos. A identificação e representação dessas interações são um componente importante da estrutura do entregáveis. Assim, pode-se entender que o compartilhamento de informações é incentivado por um dos atores através de uma necessidade específica, e subsequentemente desenvolvido pelo outro ator (push) e, por outro lado, o compartilhamento é iniciado pelo desenvolvimento da informação, o que criaria uma necessidade (pull) (SUCCAR, 2009; PONTES, 2016).

Para Succar e Kassem (2015), a implementação do BIM refere-se às atividades intencionais à medida que adota um novo sistema/processo para melhorar seu desempenho atual, implantando ou melhorar seus produtos finais BIM e seus fluxos de trabalho (processos) relacionados. De acordo com os autores, a implementação do BIM possui abordagem em três fases:

1. A prontidão do BIM: status de pré-implementação que representa a propensão de uma organização de adotar ferramentas BIM, fluxos de trabalho e protocolos (SUCCAR; KASSEM, 2015);

2. O recurso BIM: implementação intencional de ferramentas, fluxos de trabalho e protocolos BIM. O recurso BIM abrange muitos tópicos de tecnologia, processo e política e é

expresso como a capacidade mínima de uma organização ou equipe para entregar um resultado mensurável (SUCCAR; KASSEM, 2015);

3. A maturidade do BIM (ou pós-implementação): melhoria gradual e contínua na qualidade, replicabilidade e previsibilidade dentro dos recursos disponíveis. A maturidade do BIM é expressa como níveis de maturidade, divididas em cinco níveis: [a] baixa maturidade; [b] médio-baixa maturidade; [c] média maturidade; [d] integrado ou médio-alta maturidade; e [e] otimizado ou alta maturidade (SUCCAR; KASSEM, 2015).

Assim, a adoção do BIM começa quando uma organização, após um período de planejamento e preparação (prontidão), adota com sucesso ferramentas e fluxos de trabalho de modelagem baseados em objeto, marcando assim, a capacidade inicial de passar de capacidades sem BIM (status pré-BIM) para capacidade BIM mínima (Estágio 1). À medida que o adotante interage com outros adotantes, um segundo salto de capacidade (Estágio 2) marca a capacidade da organização de se envolver com êxito na colaboração baseada em modelo. Além disso, à medida que a organização começa a se envolver com várias partes interessadas em toda a cadeia de suprimentos, um terceiro salto de capacidade (Estágio 3) é necessário para se beneficiar de ferramentas, processos e protocolos integrados baseados em rede. Cada um desses saltos de capacidade é precedido por um investimento considerável em recursos humanos e físicos, e cada estágio sinaliza novas habilidades organizacionais e entregas que não estão disponíveis antes do salto (SUCCAR; KASSEM, 2015).

2.3.1 Nível de desenvolvimento do BIM

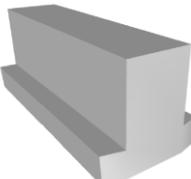
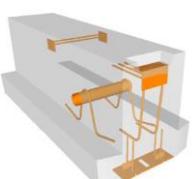
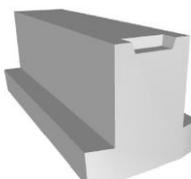
O do LOD (*Level of Development*) – Nível de Desenvolvimento é uma ferramenta de referência destinada a melhorar a qualidade da comunicação entre os usuários dos *Building Information Models* (BIMs) sobre as características dos elementos nos modelos (BIMFORUM, 2018). Assim, o LOD descreve os dados dimensionais, espaciais, quantitativos, qualitativos e outros dados mínimos incluídos em um elemento do modelo para suportar os usos autorizados associados a esse LOD (AIA, 2013).

De acordo com o manual de BIM da CBIC (2016), o LOD serve como referência para que os agentes atuantes na indústria da construção civil especifiquem os conteúdos e níveis de confiabilidade de modelos BIM, possibilitando que os autores de Modelos BIM definam os usos e níveis de confiabilidade dos seus modelos para que outros usuários possam compreender com clareza quais os limites de utilização dos modelos que eles estão recebendo nos vários estágios do processo de projeto e construção.

Esse conceito foi desenvolvido pela AIA, em 2008, no BIM Protocol Exhibit. Nesse documento, define-se que as funcionalidades do BIM exigem precisão dos dados e riquezas de detalhes, de forma atualizada. Assim, o LOD define o nível de detalhe dos atributos geométricos e não-geométricos de determinado componente do modelo. A AIA (2013) define cinco níveis progressivos de LOD, do 100 ao 500.

Os LODs fornecem cinco níveis de progressão de um elemento, desde o conceitual até o especificado. As definições de LOD, então, devem ser consideradas requisitos mínimos - ou seja, um elemento progrediu para um determinado LOD somente quando todos os requisitos estabelecidos na definição foram atendidos (BIMFORUM, 2018). A diferença entre cada LOD corresponde a um detalhamento que vai ocorrendo progressivamente ao longo do projeto: 100 (fase conceitual), 200 (projeto genérico), 300 (geometria precisa), 350 (modelo gráfico), 400 (execução ou fabricação) e 500 (*as-built*), como ser visualizada na Figura 4.

Figura 4 – Exemplo de LOD de uma viga invertida T

LOD	Descrição	Ilustração	LOD	Descrição	Ilustração
200	Modelagem de elementos para incluir: <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de sistema de concreto estrutural • Geometria aproximada (por exemplo, profundidade) da estrutura elementos 	 <small>15 B1010.10-LOD 200 Precast Structural Inverted T Beam (Concrete)</small>	350	Modelagem de elementos para incluir: <ul style="list-style-type: none"> • Reforço dos perfis de pós-tensão e localizações de cordões • Penetrações para itens como MEP • Qualquer componente permanente de formação ou escoramento 	 <small>17 B1010.10-LOD 350 Precast Structural Inverted T Beam (Concrete)</small>
300	Modelagem de elementos para incluir: <ul style="list-style-type: none"> • Tamanhos e localizações específicas dos principais membros estruturais de concreto modelados por grade estrutural definida com orientação correta. • Todas as superfícies inclinadas incluídas no elemento do modelo, com exceção dos elementos afetados pela seleção do fabricante. 	 <small>16 B1010.10-LOD 300 Precast Structural Inverted T Beam (Concrete)</small>	400	Modelagem de elementos para incluir: <ul style="list-style-type: none"> • Todos os reforços, incluindo os elementos pós-tensão, detalhados e modelados • Acabamentos 	 <small>18 B1010.10-LOD 400 Precast Structural Inverted T Beam (Concrete)</small>

Fonte – Adaptado de BIMForum (2018).

Dessa forma, pode-se definir cada LOD da seguinte maneira (AIA, 2013; BIMFORUM, 2018):

1. LOD 100 - Equivale ao Projeto Conceitual. O modelo consistirá das massas totais das edificações. Os elementos LOD 100 não são representações geométricas. Exemplos são informações anexadas a outros elementos ou símbolos do modelo, mostrando a existência de um componente, mas não sua forma, tamanho ou localização precisa. Qualquer informação derivada dos elementos do LOD 100 deve ser considerada aproximada;

2. LOD 200 - Similar ao projeto esquemático. O modelo consistirá de sistemas genéricos ou montagens com quantidades aproximadas, tamanhos, forma, localização e orientação. Qualquer informação derivada dos elementos do LOD 200 deve ser considerada aproximada;

3. LOD 300 - Os elementos do modelo definirão as montagens de modo preciso em termos de quantidades, tamanhos, forma, localização e orientação. Informações não geométricas podem ser relacionadas aos objetos. A quantidade, o tamanho, a forma, a localização e a orientação do elemento, conforme projetado, podem ser medidos diretamente do modelo sem referir-se a informações não modeladas, como anotações ou chamadas de dimensão. A origem do projeto é definida e o elemento é localizado com precisão em relação à origem do projeto;

4. LOD 350 – Partes necessárias para a coordenação do elemento com elementos próximos ou conectados são modeladas. Essas partes incluirão itens como suporte e conexões. A quantidade, o tamanho, a forma, a localização e a orientação do elemento, conforme projetado, podem ser medidos diretamente do modelo sem se referir a informações não modeladas, como anotações ou chamadas de dimensão;

5. LOD 400 - Os elementos do Modelo definirão as montagens de modo preciso em termos de quantidades, tamanhos, forma, localização e orientação, e incluirão informações completas e detalhadas sobre fabricação e montagens. Informações não-geométricas podem ser relacionadas aos objetos. Um elemento LOD 400 é modelado com detalhes e precisão suficientes para a fabricação do componente representado. A quantidade, o tamanho, a forma, a localização e a orientação do elemento, conforme projetado, podem ser medidos diretamente do modelo sem se referir a informações não modeladas, como anotações ou chamadas de dimensão;

6. LOD 500 – Equivale ao As-built. O nível final de desenvolvimento que representa o projeto como ele foi realmente construído. O modelo servirá para a gestão da manutenção e da operação da edificação ou instalação. Como o LOD 500 se refere à verificação de campo e não é uma indicação de progressão para um nível mais alto de geometria de elemento de modelo ou informação não gráfica, esta Especificação não define ou ilustra isso.

2.3.2 Benefícios do BIM

Azhar (2011) aponta que o principal benefício da utilização do BIM é sua representação geométrica precisa das partes de um edifício num ambiente de dados integrado.

O autor ainda lista uma série de aplicações e benefícios que a utilização do BIM pode proporcionar, podendo destacar: processos mais rápidos e mais eficazes; visualização em 3D e simulações prévias do modelo, permitindo projetos mais sofisticados, melhorias e soluções inovadoras; estimativas de custos de todo o ciclo de vida que podem ser controlados e extraídos automaticamente, assim como os quantitativos de material; melhor qualidade de produção, com documentação mais completa e flexível e identificação de interferências e conflitos.

Eadie et al. (2013) realizaram um levantamento, através da aplicação de um questionário com as 100 maiores empreiteiras do Reino Unido, dos principais benefícios do BIM. Assim, chegou-se à conclusão que os principais itens são *clash detection* (detecção de incompatibilidades), maior pressão do governo, maior pressão competitiva, passo-a-passo da construção mais preciso, redução de custos através de re-trabalho reduzido, melhoria da pressão do cliente, melhor qualidade de saída construída, economia de tempo, melhor qualidade do design, melhor comunicação, melhor capacidade de fornecer um valor vitalício ao cliente, inovação, projetos de saúde e segurança no processo de construção, automação de geração de cronograma/registros, aumento da pré-fabricação, simplificação das atividades de design e facilitação das atividades de gerenciamento de instalações.

Para Eastman et al. (2014), os benefícios da utilização da plataforma podem ser vistos nas mais diferentes etapas construtivas:

1. Na fase de pré-construção, pode se observar maior facilitada na elaboração do conceito e estudos de viabilidade, trazendo benefícios para o projeto e aumento da qualidade e desempenho da construção;

2. Na fase do projeto, têm-se a visualização antecipada e mais precisa de um projeto, podendo resolver problemas antes da execução, correções automáticas de quando são feitas mudanças no projeto, geração de desenhos 2D mais precisos e consistentes, colaboração antecipada das disciplinas do projeto, extração de estimativas de custos e incrementarão da eficiência energética e sustentabilidade;

3. Nas fases de construção e fabricação, pode-se observar a sincronização entre projeto e planejamento da construção, reação rápida a problemas de projeto ou de canteiro, uso do modelo de projeto como base para componentes a serem fabricados, melhor implementação e técnicas do *lean construction* (construção enxuta) e sincronização da aquisição de materiais com o projeto e a construção;

4. Por fim, têm-se os benefícios na fase de pós-construção, onde vê-se um melhor gerenciamento e operação das edificações e integração com sistemas de operação e gerenciamento de facilidades.

No manual de BIM da CBIC (2016), consta uma lista dos principais benefícios da utilização da plataforma, podendo-se citar visualização e modelagem dos projetos desenvolvidos em 3D, ensaios prévios da edificação no computador, extração automática de quantitativos de serviços e componentes, garantindo consistência, precisão e agilidade de acesso às informações das quantidades, identificação automática de interferências, geométricas e funcionais, geração de documentos mais consistentes através de objetos paramétricos e inteligentes, capacidade de execução de construções mais complexas, viabilização e intensificação da industrialização da construção civil, entre outros.

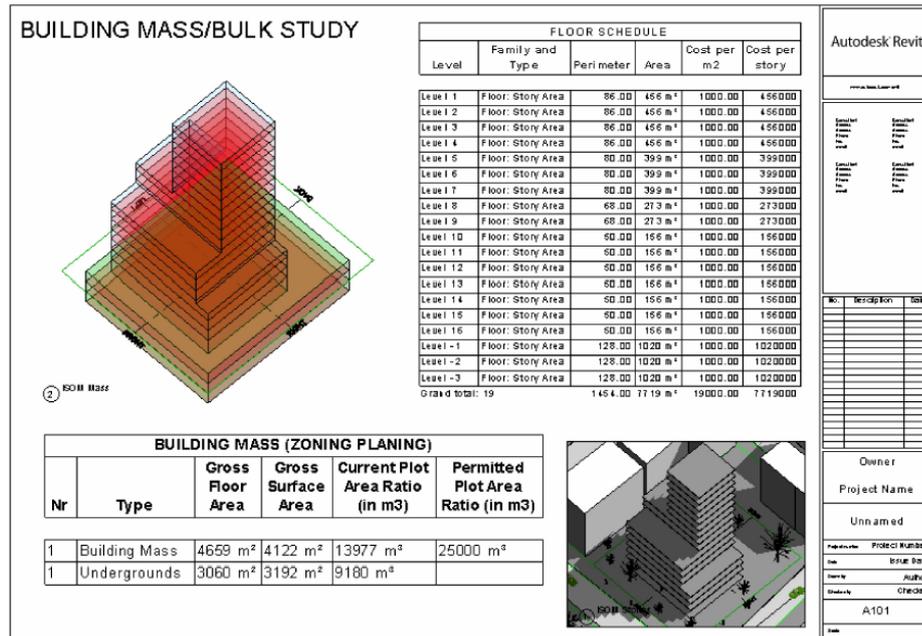
2.3.3 BIM e os estudos de viabilidade

Assim, como mostrado anteriormente, o BIM possui diversos usos e traz vários benefícios para todo o ciclo de vida de um empreendimento da construção civil. Isso inclui os estudos de viabilidade, como apontado por Eastman et al. (2014), trazendo maior facilidade na elaboração do conceito e estudos de viabilidade, proporcionando benefícios para o projeto e aumento da qualidade e desempenho da construção.

Donath e Lobos (2008) buscaram contribuir com uma abordagem que analise o edifício de um ponto de vista normativo, mas também inclui as variáveis do cliente e do arquiteto, que influenciam a forma e o tamanho final do edifício, através de estudos de massa utilizando ferramentas BIM. Para os autores, nessa etapa de projeto, existem diversas regras a serem aplicadas ao mesmo tempo, apenas nos estágios iniciais do projeto arquitetônico de um prédio, que vêm de cada país (legislações sobre uso do solo). Ao usar essas regras, é possível projetar muitas formas diferentes, começando no "volume teórico máximo".

Ainda segundo Donath e Lobos (2008), aplicativos comerciais que resolvam o problema completo são difíceis de serem desenvolvidos. Na maioria delas, é possível e necessário desenvolver novas soluções para essas novas tarefas, através de linguagem de programação. Assim, os pesquisadores utilizaram o Revit e planilhas no Excel para calcular a área total da construção, realizando a modelagem de acordo com as mesmas. A partir de um volume genérico de caixa, restrições são adicionadas e agem como operadores booleanos, subtraindo principalmente massa do volume original, como mostra a Figura 5. Assim, os autores concluíram que ferramentas BIM, nos estágios iniciais de um projeto de construção, ajuda a reduzir o tempo de trabalho, aumenta a confiança na solução gerada e também contribui para a exploração de várias alternativas em pouco tempo.

Figura 5 - Estudo de massas no Revit



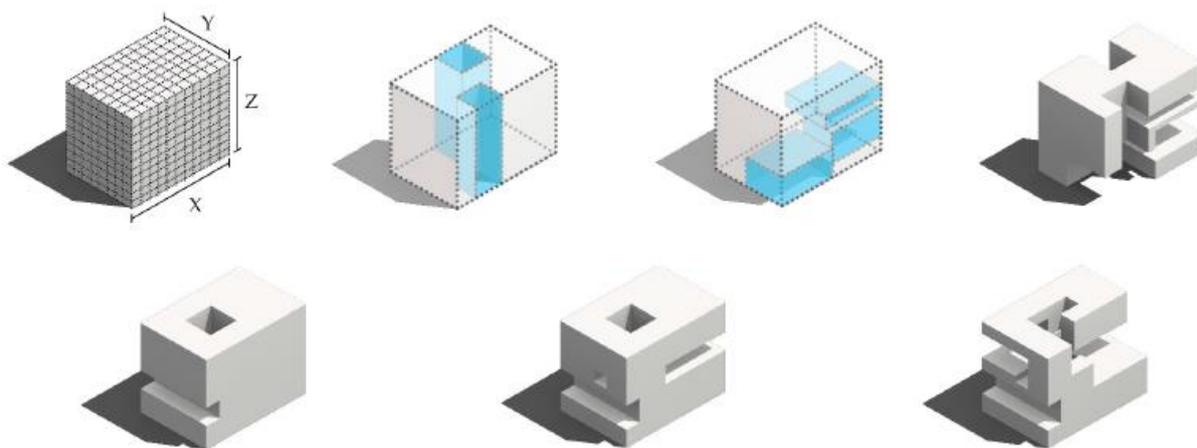
Fonte – Donath e Lobos (2008).

Soares e Amorim (2012) realizaram um estudo buscando verificar a aplicabilidade do BIM nos estudos de viabilidade. Como resultado, os autores concluíram que a tecnologia BIM tem um grande potencial de aplicação em estudos de viabilidade de empreendimentos imobiliários, devido a flexibilidade da ferramenta que permite uma grande variação nos estudos, seja na volumetria, no cálculo ou mesmo na utilização de padrões construtivos. Isso proporcionou uma melhor avaliação do impacto que determinada volumetria tem sobre os custos, antes mesmo de serem desenvolvidos estudos preliminares e plantas tipo, permitindo uma melhor apropriação dos custos e capacidade de análise, de maneira dinâmica e mais expedita.

Para Huang, Chang e Shih, (2014), a avaliação da sombra e a estimativa da massa de construção são duas das tarefas muito importantes na fase de projeto conceitual e estudos de viabilidade. Os autores, em sua pesquisa, desenvolveram um algoritmo de simulação de massa de edifícios para simular a solução ideal de acordo com a legislação de Taipei, em Taiwan, a partir de ferramentas BIM. Foi constatado, durante a pesquisa, que os arquitetos geralmente têm informações insuficientes nesse estágio, tornando difícil a otimização e alocação de massa de construção. Como resultados, foi apresentada uma melhoria significativa da precisão da massa. Durante todo o processo de design, verificou-se que é difícil usar o fluxo geral de design para concluir a fase de design conceitual com uma ferramenta de software, pois informações erradas ou em falta podem ocorrer facilmente.

Wang et al (2019), por sua vez, propuseram um algoritmo de otimização energética na etapa de estudos de viabilidade, utilizando o BIM e os estudos de massa. Os autores afirmam que a otimização baseada no desempenho que incorpora modelagem paramétrica e otimização pode permitir que os arquitetos aproveitem o design de massa de construção para melhorar o desempenho, mas as abordagens de modelagem paramétrica atuais têm uma variabilidade topológica de massa de construção frequentemente limitada. Assim, os autores propõem um algoritmo de massa paramétrica baseado no princípio de geração de formas subtrativas, como mostra a Figura 6. Apesar de obterem resultados positivos para a proposta energética, estes autores concluíram que para o algoritmo que se concentra na exploração do projeto, em vez de fornecer soluções diretas, a massa encontrada na otimização do estudo de caso pode não satisfazer todos os aspectos do projeto arquitetônico, como os relacionados as legislações. Mais importante, para aqueles conceitos desenvolvidos nas situações de falta de dados nos estágios iniciais do projeto, esses conceitos podem ser problemáticos e podem resultar em falhas, que raramente podem ser compensadas nos estágios posteriores do projeto e incorrem em uma grande despesa de reprojeito.

Figura 6 - Estudo de massas por subtração



Fonte – adaptado de Wang et al (2019)

Para Amorim (2018), o BIM possui diversas vantagens nas etapas de estudo de viabilidade, pois as simulações proporcionadas por ele permitem criar, com menos esforços, diferentes cenários de solução e comparar seu desempenho em termos de volumetria e custos,

de maneira mais eficiente e mais precisa que as metodologias atuais ou utilizando modelos CAD.

Assim, em estudos de viabilidade com o BIM, é possível definir e modificar para determinadas demandas, com melhor acurácia, a volumetria, quantitativos gerais por tipos de vedações externas ou áreas de piso, estimativas de custos gerais, esquemas de fluxos de pessoas e veículos, estimativa de demanda de vagas a partir de critérios definidos, indicativos de elementos especiais tais como acabamento de fachadas e coberturas, indicativos de conexões de tráfego de pedestres e veículos e seus acesso, e por fim, simulações de desempenho luminoso, energético e análise de insolação. Além disso, com modelos BIM também é possível elaborar a documentação dos estudos de viabilidade físico-financeiro (AMORIM, 2018).

2.4 Projeto generativo e Programação visual

Os algoritmos consistem em uma sequência finita de instruções que possuem o intuito de realizar uma determinada tarefa, podendo estar inserido no cotidiano das pessoas, como também em processos de projeto de edificações. Assim, é possível utilizar o algoritmo associado à parametrização para projetos prediais, criando um conjunto de regras que relacionam parâmetros definidores do sistema. Têm-se, então, o algoritmo generativo paramétrico, capaz de gerar um determinado sistema predial, como a estrutura, a forma da planta, sistema hidráulico, dentre muitos outros (MIRANDA; SILVA, 2015). Dessa forma, o uso desse tipo de algoritmo auxilia o projetista a encontrar a melhor conjuntura de parâmetros de modo a obter o resultado que melhor atenda aos requisitos de projeto (SILVA, 2017).

Algoritmos generativos são formas algorítmicas que lidam com geometria em problemas de projeto. Com esse método de algoritmo, os projetistas podem utilizar todos os recursos e possibilidades relacionados à computação geométrica, bem como gerenciar grandes quantidades de dados, números e cálculos, melhor do que os métodos convencionais de geometria (KHABAZI, 2012).

Assim, o projeto generativo (fruto da utilização dos algoritmos generativos), a partir das suas regras manipuláveis, produz soluções para o projeto. Isto auxilia o arquiteto no processo investigativo de soluções geométricas, sendo possível gerar novos resultados através da manipulação das informações (SILVA JÚNIOR, 2016).

De acordo com Humppi (2015), o estudo da utilização algorítmica em projetos começou sendo dividido em AAD e AAB, dependendo do método de modelagem algorítmica a ser abordada. Em Projeto de Modelagem Assistida por Algoritmo (Algorithm-Aided

Modeling Design - AAD) algoritmos são usados para modelar a geometria, se concentrando na modelagem que não contém nenhuma informação, exceto a própria geometria. O fluxo de informações é movido dentro do script, mas a geometria resultante não contém nenhuma informação de parâmetro. A Modelagem de Informações de Construção Assistida por Algoritmo (Algorithm-Aided Building Information Modeling - AAB), com auxílio de algoritmos, é usada para modelar objetos. No momento, a AAD está lentamente consolidando sua posição no projeto de construções. O desenvolvimento do AAB, por outro lado, só começou recentemente. No início, o AAB era visto como uma combinação de AAD e BIM, podendo oferecer novas possibilidades para o projeto de construção, pois produz objetos como resultado do processo de modelagem.

Dino (2012) enumera as quatro principais características presentes nos algoritmos generativos:

1. Os parâmetros de entrada;
2. Os mecanismos generativos (regras e algoritmos);
3. A geração de variações de formas (saída);
4. A escolha da melhor variação.

Os dois primeiros estão presentes na definição de algoritmo, enquanto os outros estão ligados a forma de aplicação das ferramentas. Entradas diferentes produzem saídas diferentes e trabalhar com essas variações e escolher entre elas é o que torna as propriedades de um algoritmo generativo de um algoritmo básico, devido a sua maior especificidade no que diz respeito ao modo de utilização da ferramenta (RIBEIRO, 2015).

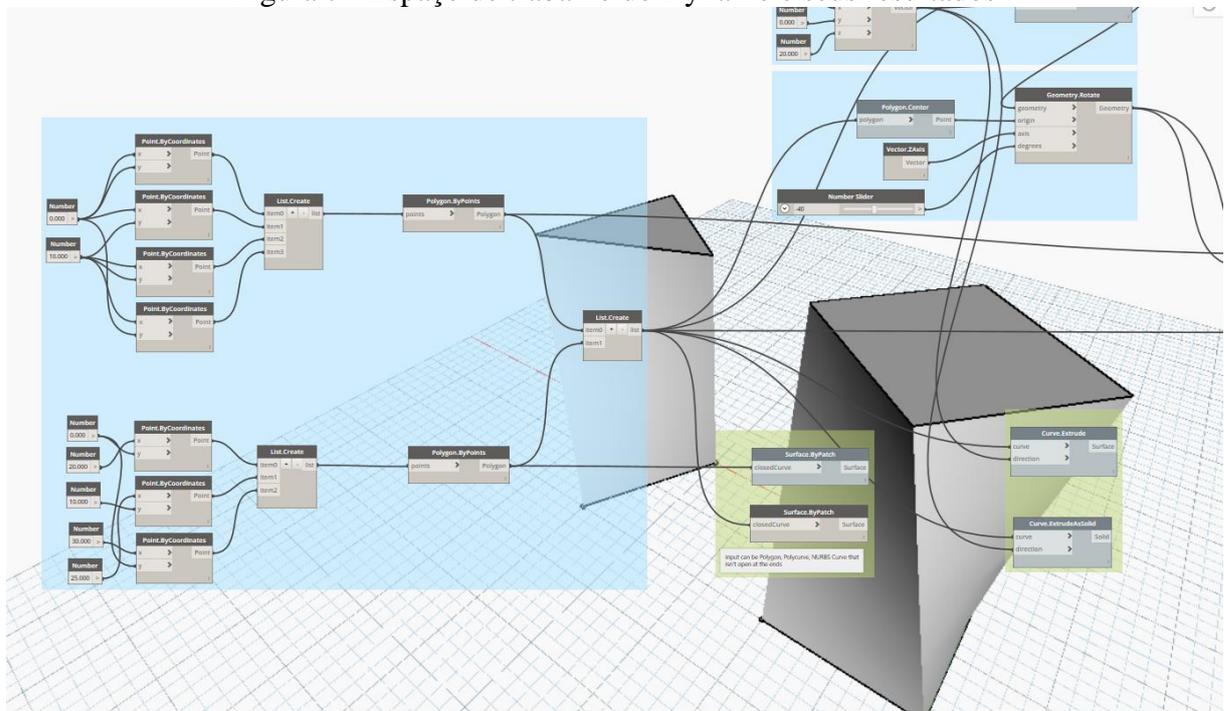
Projetos generativos requerem a especificação computacional dos princípios da formação de um projeto, o que abre espaço para a exploração de alternativas e variações de projeto, sendo possível atingir um determinado grau de autonomia do sistema. No entanto, isso não significa o projetista se torne indispensável, pois ainda há a necessidade de utilizar sua inteligência de trabalho, em forma de códigos (regras, restrições, dependências paramétricas, estruturas genéticas, bases de caso), para que seja possível executar certas tarefas de projeto ou resolver problemas pelo sistema (DINO, 2012).

Para criar um sistema generativo que funcione de forma correta, as entradas de dados e os limites precisam ser definidos adequadamente. No projeto arquitetônico, os itens que podem ser categorizadas como dados são como as propriedades do terreno (tamanho e contorno), por exemplo. Os limites de design incluem regulamentos de construção, restrições estruturais e valores específicos em projetos definidos pelos projetistas, por exemplo (GUNAGAMA, 2017).

Para realizar um projeto generativo, é necessário utilizar ferramentas que empregam várias visualizações do espaço de design de forma paramétrica. Assim, há a vista do modelo 3D que exibe a representação geométrica. Por outro lado, existe um editor (visual ou textual) que permite ao designer codificar o algoritmo. Os editores de esquemas visuais têm encontrado amplo uso devido ao baixo nível de conhecimento técnico exigido nas linguagens de programação, pois o sistema é baseado em uma estrutura de nós gráficos, os quais são componentes geométricos ou parâmetros, e as arestas são os caminhos da transferência de dados unidirecional (DINO, 2012).

Esses editores se utilizam de programação visual, que permite criar scripts através de elementos gráficos, não necessariamente usando linguagem de código de texto. Assim, quando esse tipo de programação é utilizado, ela gera um modelo visual de fluxo de dados, como pode ser observado pela Figura 7. Ou seja, em vez de apresentar uma interface para escrever linhas em um compilador, esses programas contêm uma área de trabalho onde se insere os componentes visuais para realizar uma determinada tarefa (GRIZ; QUEIROS; NOME, 2017)

Figura 7 - Espaço de trabalho do Dynamo e seus resultados



Fonte – do autor.

Uma das principais vantagens do BIM assistido por algoritmos visuais é que os scripts podem ser usados para controlar grandes quantidades de objetos simultaneamente. Uma

estrutura topológica do modelo de objeto é definida em um script, que pode ser usado para controlar a forma geral do projeto. Isso torna a modelagem mais rápida e aberta para modelar iterações (HUMPPI, 2015).

Várias ferramentas gráficas de programação para os projetos de edificações surgiram nos últimos anos habilitadas para BIM (VOGT, 2016). Assim, dentre esses editores visuais, têm-se *softwares* como Generative Components (Bentley Systems), Dynamo (Autodesk) e Grasshopper (McNeel e Associates), que permitem que ideias complexas sejam rapidamente exploradas, muitas vezes além do alcance de técnicas tradicionais como esboços manuais, modelagem física e CAD (HARDING; SHEPHERD, 2016).

O Dynamo é uma ferramenta de programação visual por algoritmos, que interage com o Revit, também da Autodesk (ASL et al., 2015). Como um mecanismo de modelagem paramétrica, o Dynamo se inspira nos *Generative Components* da Bentley e no *Grasshopper for Rhino* da McNeel. Ele foi projetado para estender os recursos de modelagem paramétrica do Revit, adicionando nível de associação que não existe no aplicativo, incluindo parâmetros de direcionamento baseados em entradas externas. Assim, é possível mapear os parâmetros apropriados e alterar dinamicamente cada valor na fonte de entrada (KENSEK, 2014).

Dessa forma, o Dynamo mostra que a utilização do BIM assistida por algoritmos pode aproveitar os objetos definidos pelo usuário usando-os no *software* de programação visual. Assim, a modelagem de objetos não se limita apenas aos objetos que um *software* BIM oferece, mais adiciona novos objetos. Além disso, a programação visual integrada ao BIM deve permitir que scripts visuais e modelagem manual ocorram simultaneamente para os mesmos objetos. Os scripts podem controlar a forma geral do modelo, enquanto modificações manuais podem ser feitas no *software* BIM (HUMPPI, 2015).

Em sua pesquisa, Vogt (2016) levanta as principais vantagens, não definitivas, do uso da programação visual com o Dynamo, dentre elas, de que o básico é simples de entender e todos os nós principais e a interface já estão disponíveis e podem ser estendidos com pouco esforço. O referido autor ainda afirma que diferentes linguagens de programação textual (Python, Design Script e C #) podem ser usadas para criar geometria, para acessar API dentro de nós ou para criar nós de bloco de código personalizados. Além disso, o conceito da programação pode ser explorado e aprendido por não-programadores. Nós customizados feitos por programadores com funcionalidades não-padrão podem ser usados por não-programadores mais facilmente. E, por fim, usuários de diferentes níveis de habilidade podem usar a ferramenta para serem produtivos em seus próprios passos.

O Dynamo, como os demais *softwares* de programação visual, trabalha a partir de nós, que possuem funções pré-determinadas, funcionando como uma programação textual tradicional. De acordo com Mousiadis e Mengana (2016), esses nós consistem em um script que recebe uma tarefa, que pode ser uma operação muito simples, como armazenar um número em uma lista ou criar geometria complexa. Conectar nós uns com os outros é muito simples e pode ser feito apenas clicando na porta de saída de um nó e conectando-se à porta de entrada em outra porta. A saída é dependente do tipo de nós e da direção de trabalho. Os fios que conectam os nós transportam dados de um nó para outro, como fios elétricos que transferem energia.

Vogt (2016) levantou, em sua revisão bibliográfica, as principais vantagens do uso da programação visual, estando algumas destas destacadas a seguir:

1. Relação singular com a realidade;
2. Grande motivação e potencial de aprendizagem;
3. Mitigação de estruturas sintáticas e ênfase em relações temáticas;
4. Processo de tentativa e erro se torna muito mais rápido;
5. Linguagem simples e intuitiva, evitando a barreira da demorada aprendizagem;
6. Utilizando ferramentas gráficas de programação, arquitetos e projetistas agora são capazes de criar seus próprios ambientes virtuais de simulação, onde eles podem mudar os parâmetros chave com o apertar de um controle deslizante e observar os resultados em seus projetos em tempo real;
7. Feedback constante que apoia a tomada de decisão do projetista;
8. Não é necessário compilar o código, mas mudanças na definição paramétrica são refletidas instantaneamente, permitindo ao projetista deduzir uma relação imediata entre causa e efeito;
9. Ambientes de programação gráfica podem ser usados não apenas para gerar rapidamente iterações de projeto, mas também para integrar funções de simulação personalizadas que suportam graficamente sua tomada de decisão;
10. Já existem ambientes de programação gráfica, como o Grasshopper ou o Dynamo, que oferecem todas as funcionalidades básicas típicas e uma abordagem acessível para programação, assim, não é necessário desenvolver uma interface nova e o usuário pode se concentrar no desenvolvimento da funcionalidade adicional necessária;
11. A programação visual permite que o projetista trabalhe em um ambiente quase em tempo real, vinculando fluentemente o design à simulação.

Os softwares de programação visual, como o Dynamo, utilizam gráficos de fluxo de dados que consistem em nós e links. Os nós representam algum tipo de operação e os links representam o fluxo de dados entre essas operações. Os nós possuem portas de entrada (inputs) e portas de saída (outputs) e podem ter parâmetros que afetam seu comportamento (JANSSEN; WEE, 2011). As portas só podem ser conectadas a outras portas cujo tipo de saída corresponda ao tipo de entrada da porta ou a qualquer porta cujo tipo de saída esteja mais acima na hierarquia de herança do tipo de entrada da porta. Juntos, esses elementos conectados criam o “fluxo de trabalho” (KENSEK, 2014).

Dessa forma, todo o processo de trabalho com a programação visual depende, fundamentalmente, de como se organiza a sequência de nós constituídos por restrições e parâmetros. A ordem dos nós, ao ser alterada, pode implicar em profundas alterações na geometria que constitui os elementos construtivos parametrizados (GRIZ; QUEIROS; NOME, 2017).

3 METÓDO DE PESQUISA

Este capítulo apresenta as etapas metodológicas e suas respectivas justificativas para a realização do presente estudo. Buscou-se planejar a execução do presente trabalho para que ele atenda a todos os objetivos propostos.

O presente capítulo, então, é dividido em duas etapas: o enquadramento metodológico, justificando as etapas a serem seguidas, e delineamento do estudo, explicando o passo-a-passo da pesquisa.

3.1 Enquadramento metodológico

O enquadramento metodológico caracteriza-se pela classificação dos métodos da pesquisa em seus pressupostos teóricos (CÂNDIDO, 2015). Dessa forma, ele consiste em escolher e justificar um método de pesquisa que permita principalmente responder ao problema de pesquisa formulado, ser avaliado pela comunidade científica e evidenciar procedimentos que robusteçam os resultados da pesquisa (LACERDA et al, 2013).

3.1.1 Paradigma

O paradigma de uma pesquisa consiste em uma completa visão da realidade, ou modo de ver. Existem quatro redes de escolas de pensamento relacionadas, diferenciadas na abordagem e na perspectiva, mas compartilhando suposições comuns fundamentais sobre a natureza da realidade de que trata. São elas: funcionalista, interpretativista, humanista radical e estruturalista radical (MORGAN, 2007).

Assim, como o principal objetivo da presente pesquisa é desenvolver uma ferramenta que auxilie a tomada de decisões nos estudos de viabilidade de empreendimentos imobiliários, contribuindo para uma aplicação mais facilitada e gerando novos conhecimentos, o enquadramento do trabalho pode ser considerado como paradigma funcionalista, que é baseado na suposição de que a sociedade tem existência concreta e real e um caráter sistêmico orientado para produzir um sistema social ordenado e regulado. A perspectiva funcionalista é primordialmente reguladora e prática em sua orientação básica, e está preocupada em entender a sociedade de maneira a gerar conhecimento empírico útil (MORGAN, 2007).

3.1.2 Tipo de pesquisa quanto à natureza dos dados, objetivos, lógica e resultados

As pesquisas podem ser classificadas de acordo à natureza dos dados (qualitativa, quantitativa ou mista), objetivos (exploratória, descritiva ou explicativa), lógica (indutiva ou dedutiva) e resultados (básico ou aplicado), conforme apontam Collins e Hussey (2005) e Richardson (2011).

Assim, a presente pesquisa pode ser classificada como qualitativa, pois, de acordo com Richardson (2011), a abordagem qualitativa de um problema justifica-se por ser uma forma adequada para entender a natureza de um fenômeno social. No caso estudado, como o BIM pode contribuir para a melhoria de estudos de viabilidade de empreendimentos imobiliários.

Para Yin (2016), a pesquisa qualitativa se caracteriza por estudar o significado da vida das pessoas, nas condições da vida real, representar as opiniões e perspectivas das pessoas de um estudo, abranger as condições contextuais em que as pessoas vivem, contribuir com revelações sobre conceitos existentes ou emergentes que podem ajudar a explicar o comportamento social humano e esforçar-se por usar múltiplas fontes de evidência em vez de se basear em uma única fonte.

Nesse tipo de pesquisa, o pesquisador coleta os dados através da sua participação na vida cotidiana do grupo ou da organização que estuda, observa as pessoas para ver como se comportam, conversa para descobrir as interpretações que têm sobre as situações que observou, podendo comparar e interpretar as respostas dadas em diferentes situações (GOLDENBERG, 2004). Além disso, o método qualitativo não emprega um instrumental estatístico como base do processo de análise de um problema. Não pretende numerar ou medir unidades ou categorias homogêneas (RICHARDSON, 2011).

A presente pesquisa, apesar de utilizar números e quantificações, como os custos dos estudos de viabilidade, ainda é classificada como qualitativa, pois, de acordo com Cândido (2015), o caráter qualitativo não inviabiliza a utilização de quantificações, pois os números podem ser dados numéricos que ajudem na análise qualitativa do caso.

Quanto aos objetivos da pesquisa, eles podem ser considerados exploratórios, pois são utilizados quando há poucas informações acerca do problema de pesquisa. (COLLINS; HUSSEY, 2005). Assim, a mesma se enquadra nessa classificação, pois pretende-se explorar uma área com pouco conhecimento consolidado (uso do BIM em estudos de viabilidade) e descobrir formas de gerar contribuições entre prática e teoria.

Em relação a lógica, para Yin (2016), abordagens indutivas tendem a permitir que os dados levem ao surgimento de conceitos e as abordagens dedutivas tendem a permitir que os

conceitos levem à definição dos dados relevantes que precisam ser coletados. Assim, a presente pesquisa pode ser classificada como indutiva, pois, de acordo com Cândido (2015), a partir dos estudos e levantamentos de dados, inferências serão induzidas, partindo-se do particular para o geral.

Por fim, quanto aos resultados, de acordo com Collins e Hussey (2005), podem ser classificadas como básica, na qual o pesquisador busca usar o entendimento dos assuntos gerais da pesquisa, e aplicada, no qual o pesquisador aplica seu conhecimento e artefatos na tentativa de solucionar problemas em questão (COLLIS; HUSSEY, 2005). Com isso, a presente pesquisa pode ser classificada como aplicada, pois se pretende desenvolver e aplicar um artefato para solucionar problemas reais em relação aos estudos de viabilidade.

3.1.3 Estratégia de pesquisa

O presente trabalho tem como principal objetivo o desenvolvimento de uma ferramenta computacional que apoie na tomada de decisão em estudos de viabilidade de empreendimentos imobiliários da construção civil, utilizando modelos BIM. Assim, pretendia-se elaborar uma ferramenta útil para resolver um problema real de campo, no caso, a baixa confiabilidade dos estudos de viabilidade.

Com o intuito de nortear a pesquisa, a *Design Science* se apresenta como abordagem voltada para o desenvolvimento e avaliação de artefatos úteis com o objetivo de desenvolver o conhecimento que os profissionais da disciplina em questão podem usar para projetar soluções para seus problemas de campo (VAN ANKEN, 2005). Ou seja, a criação de um artefato, na *Design Science Research* (DSR), é o principal meio pelo qual se pode gerar novos conhecimentos baseados em experiências práticas (MACHADO et al, 2013). Este artefato, desenvolvido por meio da pesquisa, deve contribuir para o aprimoramento da teoria e ter validade pragmática, ou seja, deve ser útil para a resolução do problema (LIMA, 2016). Para Holmstrom, Ketokivi e Hameri (2009), a *Design Science* envolve fenômenos artificiais, que devem ser criados pelo pesquisador, para criar, coletar e analisar dados, com um produto final baseado na resolução de um problema teórico explicativo, de interesse do conhecimento pragmático, envolvendo as engenharias ou outras multidisciplinaridades. Dessa forma, a presente pesquisa pode ser caracterizada como um DSR e a ferramenta desenvolvida classificada como um artefato.

Entender a natureza e as causas dos problemas pode ser uma grande ajuda na criação de soluções. No entanto, uma *Design Science* não se limita a compreender, mas também

desenvolve conhecimento sobre as vantagens e desvantagens de soluções alternativas (VAN ANKEN, 2005).

A DSR pressupõe a ação do pesquisador em uma determinada realidade, compreendendo um problema, construindo e testando uma possível solução para este problema. O pesquisador não é mais um observador, mas um indivíduo que age no contexto pesquisado, buscando compreender uma determinada realidade, em que utiliza o seu potencial criativo para a geração de soluções para problemas ou necessidades reais (MACHADO et al, 2013).

Machado et al (2013), a partir de sua revisão bibliográfica, resumiram as principais características a serem consideradas para a realização e a avaliação da *Design Science Research*, que podem ser observadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Características da Design Science Research

Características da <i>Design Research</i>	Descrição
Pragmatismo	A <i>Design Research</i> 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.
Relevância do Problema	O objetivo do método é desenvolver soluções baseadas em tecnologia para problemas importantes e relevantes.
Flexibilidade e interatividade	Os pesquisadores estão envolvidos nos processos de projeto 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 interativos entre os ciclos de análise, projeto, implementação e redesenho do artefato.
Avaliação do <i>Design</i>	A utilidade, qualidade e eficácia do artefato devem ser, rigorosamente, demonstradas por meio de métodos de avaliação bem executados.
Contribuições do <i>Design</i>	A <i>Design Research</i> deve promover contribuições claras e verificáveis nas áreas específicas dos artefatos desenvolvidos, nas fundamentações de <i>design</i> e/ou nas metodologias de <i>design</i> .
Rigor da Pesquisa	A pesquisa baseia-se na aplicação de rigorosos métodos na construção e na avaliação do <i>design</i> do artefato.
<i>Design</i> como um Processo de Pesquisa	A busca por um artefato eficaz exige o uso de meios disponíveis para alcançar os fins desejados, desde que satisfaçam as leis no ambiente de problema.
Contextualização	O processo de pesquisa, os resultados da investigação e as alterações do plano inicial devem ser documentados. Os resultados da pesquisa estão relacionados com o processo de <i>design</i> e configuração e, portanto, a aplicação futura dos princípios gerados demanda explicação.
Comunicação da Pesquisa	A pesquisa deve ser apresentada para o público orientado à tecnologia bem como para os orientados à gestão.

Fonte – adaptado de Machado et al (2013).

Para Lukka (2003), as características da *Design Science* exigem que se enfoque problemas do mundo real considerados relevantes para serem resolvidos na prática; produza uma construção inovadora destinada a resolver o problema inicial do mundo real; inclua uma

tentativa de implementar o artefato desenvolvido e, assim, um teste para sua aplicabilidade prática; implique em um envolvimento e cooperação muito próximos entre o pesquisador e os profissionais, de maneira semelhante à uma equipe, na qual espera-se que a aprendizagem experiencial ocorra; esteja explicitamente ligado a conhecimentos teóricos prévios; preste especial atenção a refletir os resultados empíricos de volta à teoria.

O artefato desenvolvido na DSR, de acordo com March e Smith (1995), pode possuir quatro tipos de produtos finais:

1. Constructos: vocabulário de um domínio, ou seja, constituem uma conceituação utilizada para descrever os problemas dentro do domínio e para especificar as respectivas soluções;

2. Modelo: conjunto de proposições ou declarações que expressam as relações entre os constructos. Em atividades de design, modelos representam situações como problema e solução. Ele pode ser visto como uma descrição, ou seja, como uma representação de como as coisas são;

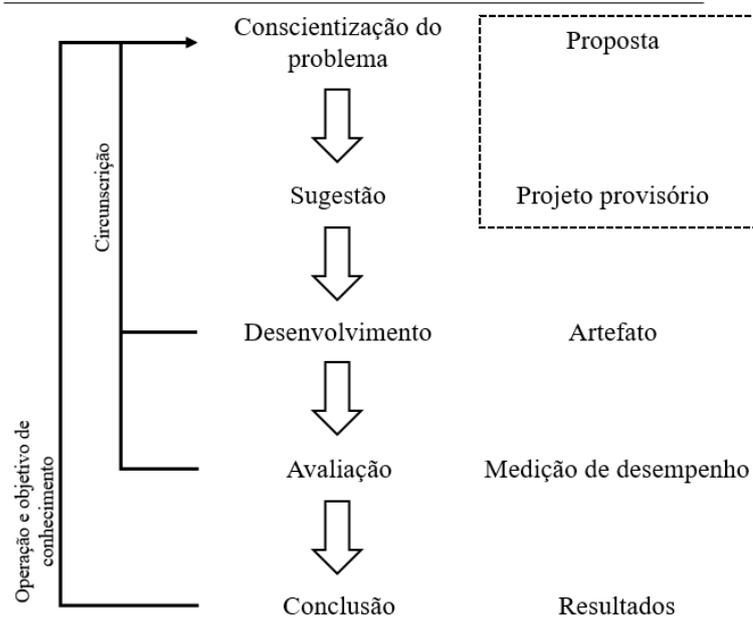
3. Método: conjunto de passos (um algoritmo ou orientação) usado para executar uma tarefa. Métodos baseiam-se em um conjunto de constructos subjacentes (linguagem) e uma representação (modelo) em um espaço de solução;

4. Implementação: concretização de um artefato em seu ambiente. Instanciações operacionalizam constructos, modelos e métodos. Instanciações demonstram a viabilidade e a eficácia dos modelos e métodos que elas contemplam.

Para Vaishnavi e Kuechler (2009), ainda há um quinto tipo de produto, que são as contribuições teóricas, produzidas através da construção de um artefato, que por si pode ser objeto de teoria e por meio da avaliação de um artefato, quando as relações do artefato podem ser melhor compreendidas e, assim, complementar, aprimorar ou mesmo refutar uma teoria.

Assim, Vaishnavi e Kuechler (2009) desenvolveram uma metodologia da condução, que tem suas etapas e suas respectivas entregas resumidas na Figura 8.

Figura 8 – Condução da *Design Science Research*
Fluxo de conhecimento Etapas do processo Produtos



Fonte – adaptado de Vaishnavi e Kuechler (2009).

A primeira etapa sugerida por Vaishnavi e Kuechler (2009) é a de Conscientização do Problema, que pode surgir de múltiplas fontes: novos desenvolvimentos na indústria ou em uma disciplina de referência. O pesquisador deve identificar e compreender o problema, prático e relevante, que deseja estudar e solucionar. O resultado desta fase é uma proposta, formal ou informal, para um novo esforço de pesquisa.

A segunda etapa consiste na Sugestão, onde o autor sugere soluções para o problema levantado através de um projeto provisório, está ligada intimamente a etapa anterior, conforme indica a linha pontilhada em torno das saídas das duas etapas. É uma etapa essencialmente criativa em que uma nova funcionalidade é visualizada com base em uma nova configuração de novos ou existentes elementos.

A terceira etapa é o Desenvolvimento do artefato, na qual o projeto provisório é implementado para solução do problema levantado. As técnicas para implementação variarão dependendo do artefato a ser construído.

A avaliação é a quarta etapa do processo. Uma vez construído, o artefato é avaliado de acordo com critérios estabelecidos. Desvios das expectativas devem ser cuidadosamente anotados e devem ser explicados experimentalmente. Raramente, no desenvolvimento de artefatos, as hipóteses iniciais sobre o comportamento são completamente confirmadas. Assim, os resultados da fase de avaliação e as informações adicionais obtidas na construção e operação

do artefato são reunidas e retornam a outra rodada de Sugestões (setas de circunscrição das Figura 6), passando novamente pelo desenvolvimento e avaliação, até quando se achar necessário.

Por fim, a última etapa, Conclusão, o pesquisador apresenta os resultados e as análises obtidos com o seu artefato. Normalmente o resultado pode ser considerado satisfatório ainda que existam desvios no comportamento do artefato. Além disso, são avaliadas as contribuições práticas e teóricas da pesquisa.

A avaliação de uma DSR se dá a partir da validação do seu artefato. Assim, Lacerda et al (2013) sintetizaram alguns métodos de avaliação, que podem ser observados no Quadro 2 – Avaliação de uma *Design Science Research*.

Quadro 2 – Avaliação de uma *Design Science Research*

Forma de avaliação	Métodos propostos
Observacional	Estudo de Caso: Estudar o artefato existente, ou não, em profundidade no ambiente de negócios. Estudo de Campo: Monitorar o uso do artefato em projetos múltiplos. Esses estudos podem, inclusive, fornecer uma avaliação mais ampla do funcionamento dos artefatos configurando, dessa forma, um método misto de condução da pesquisa.
Analítico	Análise Estatística: Examinar a estrutura do artefato para qualidades estáticas. Análise da Arquitetura: Estudar o encaixe do artefato na arquitetura técnica do sistema técnico geral. Otimização: Demonstrar as propriedades ótimas inerentes ao artefato ou então demonstrar os limites de otimização no comportamento do artefato. Análise Dinâmica: Estudar o artefato durante o uso para avaliar suas qualidades dinâmicas (por exemplo, desempenho).
Experimental	Experimento Controlado: Estudar o artefato em um ambiente controlado para verificar suas qualidades (por exemplo, usabilidade). Simulação: Executar o artefato com dados artificiais.
Teste	Teste Funcional (Black Box): Executar as interfaces do artefato para descobrir possíveis falhas e identificar defeitos. Teste Estrutural (White Box): Realizar testes de cobertura de algumas métricas para implementação do artefato (por exemplo, caminhos para a execução).
Descritivo	Argumento informado: Utilizar a informação das bases de conhecimento (por exemplo, das pesquisas relevantes) para construir um argumento convincente a respeito da utilidade do artefato. Cenários: Construir cenários detalhados em torno do artefato, para demonstrar sua utilidade.
Grupo Focal Exploratório	Alcançar melhorias incrementais rápidas na criação de artefatos. Fornecimento de informações que possam ser utilizadas para eventuais mudanças tanto no artefato, como no roteiro do Grupo Focal. Refinamento do roteiro do Grupo Focal e identificação de constructos a serem utilizados em outros grupos.
Grupo Focal Confirmatório	Demonstrar a utilidade dos artefatos desenvolvidos no campo de aplicação. O roteiro de entrevistas previamente definido para ser aplicado ao grupo de trabalho, não deve ser modificado ao longo do tempo a fim de garantir a possibilidade de se fazer comparativos entre cada Grupo Focal participante.

Fonte – adaptado de Lacerda et al (2013).

Assim, o processo de avaliação que foi utilizado no presente trabalho foi o observacional, pois pretendia-se aplicar o artefato desenvolvido em estudos de casos reais múltiplos, verificando sua funcionalidade e realizando as correções, caso necessárias, para melhor utilização do mesmo.

3.1.4 Fonte de evidências: coleta de dados

Esta etapa da pesquisa é onde se inicia a aplicação dos instrumentos elaborados e das técnicas selecionadas, a fim de se efetuar a coleta dos dados previstos. Esta etapa exige um grande planejamento prévio, para, assim, gerar menos desperdício de tempo no trabalho de campo. O rigoroso controle na aplicação dos instrumentos de pesquisa é fator fundamental para evitar erros e defeitos resultantes de entrevistadores inexperientes ou de informantes tendenciosos (MARCONI, LAKATOS, 2010). Dados servem como base para um estudo de pesquisa (YIN, 2016). Para a presente pesquisa, foram necessários, para a coleta de dados, aplicar a pesquisa bibliográfica e a realização e entrevistas semiestruturadas.

3.1.4.1 Revisão da Literatura

A Revisão da Literatura é uma etapa fundamental da condução de pesquisas científicas, principalmente quando ela se enquadra como uma *Design Science Research*. A revisão segue um método que envolve um planejamento responsável e justificável, buscando mapear, encontrar, avaliar criticamente, consolidar e agregar os resultados de estudos primários relevantes sobre uma questão ou tópico específico, bem como identificar lacunas a serem preenchidas, resultando em um relatório coerente ou em uma síntese (MORANDI; CAMARGO, 2015).

Assim, essa etapa é essencial para levantar as principais contribuições já existente para a elaboração do presente artefato, servindo como uma base de coleta de dados tanto de códigos já criados que podem ser incorporados ou adaptados ao trabalho proposto, como sobre os principais parâmetros a serem levados em consideração e utilizados em um estudo de viabilidade, que podem ser traduzidos na programação visual.

3.1.4.2 Entrevista semiestruturada

A entrevista é um procedimento utilizado para a coleta de dados através de um encontro entre duas pessoas, para que uma delas obtenha informações a respeito de determinado assunto, mediante uma conversação de natureza profissional, de maneira metódica, proporcionando a informação necessária para o entrevistador (MARCONI, LAKATOS, 2010).

Na presente pesquisa, foi utilizada a entrevista semiestruturada, que, de acordo com Gray (2012), se caracteriza pelo entrevistador possuir uma lista de questões a serem feitas, mas não há a necessidade de utilizar todas em cada entrevista, não sendo padronizada, sendo ideal para o pesquisador aprofundar em busca de respostas mais detalhadas. Além disso, de acordo com Cândido (2015), o uso de entrevista semiestruturada pode se dar pela flexibilidade da ordem dos questionamentos, de acordo com a interação entre o pesquisador e o entrevistado.

Assim, nesse tipo de entrevista, as questões devem ser formuladas de forma a permitir que o entrevistado discorra e verbalize seus pensamentos sobre o tema apresentado, de forma mais profunda e subjetiva. É necessário, então, que se compunha um roteiro de tópicos selecionados, mas que permitam flexibilidade (ROSA, ARNOLDI, 2017).

No presente trabalho foram realizados dois grupos de entrevistas para a elaboração, uma com cinco arquitetos e a outra com quatro incorporadores, para o levantamento dos principais parâmetros de projetos e das suas metodologias de trabalho para estudos de viabilidade. Os roteiros das entrevistas podem ser observados nos Apêndices A e B, que foram elaborados a partir do referencial bibliográfico desenvolvido. Foi realizada uma etapa de pré-teste, com o intuito de averiguar se o questionário estava bem estruturado, com perguntas claras e objetivas. Por fim, foi realizada mais uma etapa de entrevista, com dois especialistas na área de estudo de viabilidade de empreendimentos imobiliários, para a apresentação do artefato desenvolvido e sua validação. Informações adicionais sobre os mesmos se encontram na seção 3.2.2.2.

3.1.5 Análise de dados

Uma vez obtidos dados, o passo seguinte foi a análise dos mesmos, constituindo-se ambas no núcleo central da pesquisa. Na análise, o pesquisador busca conseguir respostas às suas indagações, e procura estabelecer as relações necessárias entre os dados obtidos e as hipóteses formuladas. Estas são comprovadas ou refutadas, mediante a análise (MARCONI, LAKATOS, 2010).

Para a análise dos dados adquiridos pelas entrevistas semiestruturadas, se utilizou a análise de conteúdo. De acordo com Richardson (2011), a análise de conteúdo é utilizada para estudar material de tipo qualitativo (aos quais não se podem aplicar técnicas aritméticas), devendo-se fazer uma primeira leitura para organizar as ideias para, posteriormente, analisar os elementos e as regras que as determinam. Pela sua natureza científica, a análise de conteúdo deve ser eficaz, rigorosa e precisa.

Para Bardin (1977) e Richardson (2011), a metodologia de uma análise de conteúdo pode ser dividida em três fases:

1. Pré-análise: fase de organização propriamente dita, visando operacionalizar e sistematizar as ideias, elaborando um esquema preciso de desenvolvimento do trabalho. Esta etapa permite a eliminação, substituição e introdução de novos elementos que contribuam para uma melhor explicação do fenômeno estudado. Geralmente, abrange três aspectos: a escolha do material, a formulação de hipóteses e objetivos e a elaboração de indicadores para a interpretação dos resultados;

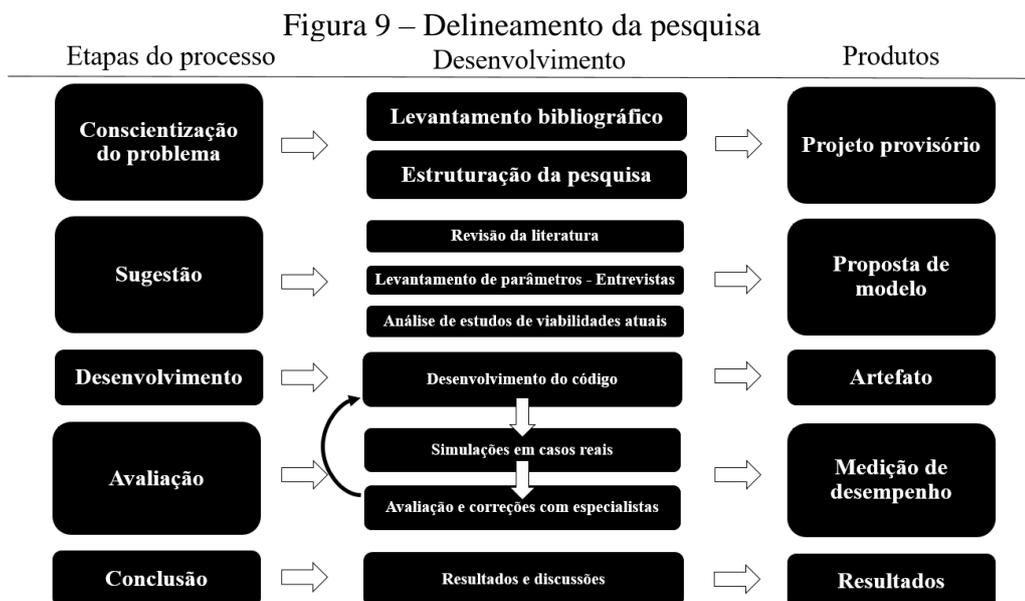
2. Análise do material: consiste basicamente na codificação, categorização e quantificação da informação.

3. Tratamento dos resultados: a análise de conteúdo visa a um tratamento quantitativo que não exclui a interpretação qualitativa. Existem diversos procedimentos para esse o tratamento. O mais simples consiste no cálculo de frequências e percentagens que permitem estabelecer a importância dos elementos analisados, como palavras. Procedimentos mais complexos, tais como a análise fatorial, a análise de contingência e outros, permitem interpretações mais sofisticadas.

Assim, como apoio para essa etapa, foi utilizado o *software* Nvivo 12, programa voltado para pesquisas qualitativas, que, a partir da transcrição do conteúdo das entrevistas, retorna os termos mais repetidos, apontando uma tendência e relevância de assunto/resposta.

3.2 Delineamento da pesquisa

Delineamentos de pesquisa são modelos lógicos que envolvem as ligações entre as questões de pesquisa, os dados a serem coletados e as estratégias para analisar os dados – de modo que os resultados de um estudo confrontem as questões de pesquisa pretendidas. A lógica também ajuda a reforçar a validade de um estudo, incluindo sua precisão (YIN, 2016). Assim, o delineamento do presente trabalho está de acordo com o que apresentado na Figura 9.



Fonte – do autor.

Quadro 3 – Atendimento aos objetivos específicos nas etapas de delineamento da pesquisa.

ETAPA DA DSR	OBJETIVO ESPECÍFICO	DELINEAMENTO METODOLÓGICO
Conscientização do Problema, Sugestão	a) Levantar os principais parâmetros de projeto que podem impactar o custo de uma construção;	Entrevistas, Revisão Bibliográfica
	b) Identificar as metodologias de estudos de viabilidades atuais;	Entrevistas, Revisão Bibliográfica
Desenvolvimento	c) Desenvolver um código, utilizando programação visual, que gere alternativas de construção virtual manipuláveis, de acordo com os parâmetros e custos propostos;	Entrevistas, Análise de documentos, Revisão Bibliográfica
Avaliação, Conclusão	d) Validar o código em casos reais de empreendimentos imobiliários.	Simulações, Entrevistas

Fonte – do autor.

Assim, a primeira etapa desse estudo consiste na conscientização do problema, onde haverá o levantamento bibliográfico a respeito dos assuntos tratados, buscando identificar o que já foi pesquisado, embasando teoricamente a estruturação e desenvolvimento do trabalho.

A segunda etapa é a sugestão, onde a partir do levantamento das fontes de evidências e suas respectivas análises realizadas, ou seja, levantamento dos parâmetros de projetos a serem implementados do estudo, assim como os custos de construção associados a eles, através do orçamento paramétrico e as análises das metodologias de estudos de viabilidade utilizadas atualmente, foi possível sugerir um modelo de proposta do projeto. Essas duas primeiras etapas tiveram como base a realização de entrevistas com especialistas e a realização de estudos a partir da literatura.

A terceira etapa consiste no desenvolvimento do artefato. A partir do modelo proposto, o código utilizando a programação visual foi desenvolvido para atender os parâmetros levantados para estudos de viabilidade, retornando o seu custo de construção. Para a construção da lógica da programação, foram utilizados os conteúdos analisados das entrevistas, revisão da literatura e bibliografias recomendadas pelos especialistas, como a LUOS, Código das Cidades, entre outros.

A quarta etapa é a avaliação do artefato. Finalizado o código, uma etapa de testes foi realizada em casos reais, para posterior entrevista e análise com engenheiros e especialistas em estudos de viabilidade, a fim de buscar pontos de melhorias e correções do código.

A quinta etapa de Conclusões, por fim, aborda os resultados e discussões obtidos ao longo da elaboração do modelo.

Dessa forma, as etapas apresentadas serão melhor detalhadas a seguir, de acordo com a metodologia de *Design Science Research* proposta por Vaishnavi e Kuechler (2009).

3.2.1 Conscientização do Problema

A pesquisa bibliográfica trata-se do primeiro passo em qualquer tipo de pesquisa e seus objetivos são conhecer as diferentes contribuições científicas sobre o assunto que se pretende estudar e revisar a literatura existente e não repetir o tema de estudo ou experimentação. Assim, o principal motivo de sua utilização consiste em um levantamento do que existe sobre um assunto e em conhecer seus autores (GONÇALVES, 2012).

Assim, a primeira etapa da pesquisa irá consistir no levantamento bibliográfico, dos principais itens a serem estudados, buscando a definição dos principais constructos, de forma a fundamentar melhor a proposta de trabalho por meio de pesquisas nos principais periódicos e congressos que abordam questões como o uso do BIM e estudos de viabilidade no mercado imobiliário. Essa etapa inicial se caracteriza por fundamentar o embasamento teórico da dissertação, assim como permitir o início da estruturação lógica do trabalho, tornando possível atingir os objetivos propostos.

3.2.2 Sugestão da proposta de projeto

Como apontado anteriormente por Sousa (2004), uma das principais etapas envolvidas nos estudos de viabilidade consiste no estudo dos projetos a serem concebidos,

levantando o provável volume das unidades, áreas vendáveis e construídas, de acordo com as exigências vigentes do município.

Dessa forma, esta etapa consistiu no levantamento dos principais parâmetros físicos (como gabarito, área por apartamento, área máxima a ser construída, tamanho de lote, tamanho de garagem, entre outros), que são necessários para a realização de um estudo de viabilidade consistente e confiável em relação a Lei de Uso e Ocupação do Solo (LUOS) da cidade de Fortaleza (CE).

De acordo com o Artigo 1 do Estudo Preliminar da Compatibilização da Lei nº 7987/96 - Lei de Uso e Ocupação do Solo do município de Fortaleza com a Lei Complementar nº 062, de 02 de fevereiro de 2009 (FORTALEZA, 2015), a LUOS dispõe sobre as divisões das Macrozonas de Ocupação Urbana e Proteção Ambiental, além de regular o uso e ocupação dos solos das mesmas.

Assim, para a correta utilização do solo, a LUOS define uma série de parâmetros, além de determinar os seus valores referentes a um lote, que devem ser respeitados pelas construções, para que elas possam seguir de forma legal (FORTALEZA, 2015). Pode-se observar, na Figura 10, um exemplo desses parâmetros de acordo com Lei Complementar Nº 236 de 11 de agosto de 2017 (FORTALEZA, 2017):

Figura 10 - Exemplo dos parâmetros de ocupação

ZONAS DE OCUPAÇÃO		ZOP 1	ZOP 2	ZOC	ZRU 1	ZRU 2	ZOM 1	ZOM 2		ZOR
		Zona de Ocupação Preferencial 1	Zona de Ocupação Preferencial 2	Zona de Ocupação Consolidada	Zona de Requalificação Urbana 1	Zona de Requalificação Urbana 2	Zona de Ocupação Moderada 1	Zona de Ocupação Moderada 2	Subzona 1	Zona de Ocupação Restrita
TAXA DE PERMEABILIDADE (%)		30	30	30	30	30	40	40	40	40
TAXA DE OCUPAÇÃO TO (%)	SOLO	60	60	60	60	60	50	50	50	45
	SUBSOLO	60	60	60	60	60	50	50	50	45
ÍNDICE DE APROVEITAMENTO (IA)	BÁSICO	3,00	2,00	2,50	2,00	1,50	2,00	1,00	2,00	1,00
	MÍNIMO	0,25	0,20	0,20	0,20	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00
	MÁXIMO	3,00	3,00	2,50	2,00	1,50	2,50	1,50	2,00	1,00
FATOR DE PLANEJAMENTO (Fp)		-	0,50	-	-	-	0,75	0,75	-	-
ALTURA MÁXIMA DA EDIFICAÇÃO (m)		72,00	72,00	72,00	48,00	48,00	72,00	48,00	72,00	15,00
DIMENSÕES MÍNIMAS DO LOTE	TESTADA (m)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00
	PROFUNDIDADE (m)	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
	ÁREA (m²)	125,00	125,00	125,00	125,00	125,00	150,00	150,00	150,00	150,00
(1) FRAÇÃO DO LOTE	ÁREAS DE APLICAÇÃO	1	30	30	30	-	-	-	-	-
		2	45	-	-	45	45	45	45	45
		3	-	-	-	60	60	-	-	-
		4	-	-	-	-	75	75	75	-
		5	-	-	-	100	100	-	100	-

Fonte – Lei Complementar Nº 236 de parcelamento, uso e ocupação do solo (2017).

Para isso, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com dois grupos distintos e atuantes em estudos de viabilidade em empreendimentos imobiliários: arquitetos e incorporadores. Para o primeiro grupo, procurou-se identificar as principais considerações feitas por eles em estudos de viabilidade, quais os principais parâmetros de projeto considerados

e como eles lidam com as exigências da LUOS. Por exemplo, caso um pavimento tenha uma determinada área, como eles geralmente as dividem entre áreas privativas e comuns, de acordo com o padrão do empreendimento imobiliário (alto, médio ou baixo), com a forma do terreno e com índices da prefeitura.

Quanto ao segundo grupo, procurou-se determinar os principais critérios valorizados, no projeto, durante o processo de estudo de viabilidade de um empreendimento imobiliário para os diferentes padrões de empreendimentos. Além disso, nessa etapa de entrevista foi abordada sobre o processo que as empresas usam atualmente para desenvolver estudos de viabilidade de empreendimentos imobiliários.

Essas entrevistas foram divididas em três partes: caracterização do entrevistado; parâmetros de projeto (arquitetos)/metodologia de estudos de viabilidade (incorporadores) e aplicabilidade do BIM e da programação visual. O Apêndice A mostra o roteiro de entrevista para os arquitetos e o Apêndice B, o roteiro para os incorporadores. Muitas das questões entre os roteiros são semelhantes, diferindo apenas em alguns pontos do item de metodologia de estudos de viabilidade, pois se desejava extrair informações diferentes desses dois grupos. O Quadro 4 apresenta a caracterização dos roteiros de entrevista.

Quadro 4 – Caracterização dos roteiros de entrevistas.

Parte	Descrição	Nº de questões	Fontes principais	Objetivo principal
Parte I	Caracterização do Entrevistado	3	Barros Neto (1999), Barros Neto e Alves (2018), Comelli (2017)	Levantar algumas informações profissionais dos entrevistados, de forma a traçar um perfil para os arquitetos consultados na pesquisa.
Parte II	Parâmetros de projetos (Arquitetos)	4	Souza (2004), Soares e Amorim (2012), Frischmann (2015), Fortaleza (2017)	Analisar qual a visão dos arquitetos com relação aos estudos de viabilidade.
	Metodologias de estudos de viabilidade (Incorporadores)	6	Souza (2004), Silva et al., 2007, Soares e Amorim (2012), Frischmann (2015), Fortaleza (2017)	Analisar qual a visão dos incorporadores com relação aos estudos de viabilidade, assim como as principais metodologias de trabalho adotados por eles nesse tipo de atividade
Parte III	Aplicabilidade do BIM e da programação visual	3	Soares e Amorim (2012), Eastman et al. (2014), Cheung et al (2012), Vogt (2016)	Verificar se o arquiteto trabalha utilizando BIM ou programação visual e como ele vê a aplicabilidade desse tipo de ferramenta em estudos de viabilidade.

Fonte – do autor.

Assim, o roteiro para arquitetos possui 10 questões a serem realizadas, enquanto a entrevista com os incorporadores possui 12 perguntas. Para as análises das entrevistas, foi utilizado o *software* Nvivo 12, como apontado anteriormente.

Quanto aos custos, para Souza (2004), a segunda principal etapa envolvida no estudo de viabilidade se baseia no estudo econômico financeiro, envolvendo as expectativas de gastos e receitas no empreendimento imobiliário. Dessa forma, por se tratar de uma atividade realizada ainda com poucas informações do projeto, muitas vezes possuindo apenas dados a respeito do terreno onde se planeja construir um empreendimento, a estimativa preliminar de custos se torna peça chave nos estudos de viabilidade.

Assim, na seleção dos casos, foi solicitado, caso fosse possível, o valor de orçamento parametrizado utilizado originalmente pelo incorporador no estudo de viabilidade na edificação em análise.

Dessa forma, foram analisadas as contribuições oriundas da Revisão da Literatura, assim como os resultados provenientes das entrevistas com os arquitetos e incorporadores. A partir disso, foi elaborado uma proposta de modelo a ser transformado posteriormente em forma de código de programação visual, para auxílio do BIM em estudos de viabilidade.

3.2.3 Desenvolvimento

Após as etapas anteriores de estruturação do conhecimento necessário e a sugestão da proposta de modelo, deve-se iniciar o desenvolvimento do artefato. Assim, a partir dos parâmetros necessários para um estudo de viabilidade levantados, deu-se início a elaboração do código de programação para auxílio do BIM. Na presente pesquisa, optou-se por utilizar o Dynamo, da Autodesk, como o *software* de programação visual.

O Dynamo foi escolhido, pois é uma ferramenta de programação visual por algoritmos, que foi projetado para estender os recursos de modelagem paramétrica do Revit, adicionando nível de associação que não existe no aplicativo, incluindo parâmetros de direcionamento baseados em entradas externas. Dessa forma, com o Dynamo, foi possível gerar geometrias, simulando a volumetria de um empreendimento imobiliário, tipos de acabamentos e sistemas construtivos, de acordo com os parâmetros levantados nas entrevistas e extrair os quantitativos necessário, em uma tabela no Excel, para atrelar aos custos de construção correspondentes e dar prosseguimento aos estudos de viabilidade.

3.2.4 Avaliação

Com o código de programação visual finalizado, simulações foram realizadas utilizando casos reais, com diferentes padrões de construção, presentes na cidade de Fortaleza/CE com o intuito de testar o artefato desenvolvido. A partir dos testes, foram realizadas entrevistas com os profissionais responsáveis pelos casos abordados e especialistas em estudos de viabilidade para, assim, buscar identificar pontos de correções e melhorias no código, caso existam, de acordo com suas experiências e de como os estudos de viabilidade são realizados atualmente pelas empresas, além dos impactos que o artefato proposto podem trazer.

Com as correções e melhorias propostas, o código foi reformulado, para atender às demandas estabelecidas e, assim, uma segunda rodada de simulações foi realizada.

3.2.5 Conclusão

A última etapa da pesquisa consiste na elaboração e discussão dos resultados, bem como de suas conclusões, obtidos em todas as etapas e fases da pesquisa, apresentadas no delineamento da metodologia. Dessa forma, procurou-se discutir sobre os resultados obtidos nos testes, assim como a avaliação dos especialistas e como seria possível tornar a ferramenta aplicável na realidade dos incorporadores e arquitetos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente capítulo aborda os resultados obtidos ao longo da realização do estudo, além das discussões geradas por eles. Inicialmente, apresentam-se os resultados provenientes das entrevistas com arquitetos e incorporadores, para, junto com as informações contidas na revisão bibliográfica, gerarem o conteúdo de suporte à elaboração da ferramenta. Em seguida, é apresentado o desenvolvimento da mesma. Na sequência, são apresentados estudos de casos realizados com o auxílio do artefato proposto e, por fim, uma validação final por especialistas.

4.1 Resultados das entrevistas

Para a elaboração proposta da ferramenta proposta, além da revisão bibliográfica, realizaram-se entrevistas com arquitetos e incorporadores, com experiência em estudos de viabilidade, com o intuito de visualizar como esse tipo de atividade vem sendo realizada no mercado de construção imobiliário atual.

A entrevista com os arquitetos tinha o intuito de levantar os principais parâmetros de projeto considerados pelos arquitetos em estudos de viabilidade de empreendimentos imobiliários. Já as entrevistas com os incorporadores tinham o objetivo de verificar as principais metodologias aplicadas pelos incorporadores em estudos de viabilidade e como eles se adaptavam aos diferentes tipos de padrões construtivos.

É válido salientar que se manteve sigilo das informações relativas à empresa e ao entrevistado. Todas as entrevistas foram gravadas, com o consentimento do entrevistado. E, por fim, o pesquisador se dispôs a fornecer um exemplar da dissertação para cada empresa participante do estudo, caso houvesse manifesto interesse por parte desta.

4.1.1 Caracterização dos entrevistados

Foram realizadas entrevistas com cinco arquitetos e quatro incorporadores, na cidade de Fortaleza/CE. A princípio, esse número de entrevistas não foi estabelecido previamente, mas com o decorrer das entrevistas, foi possível observar um ponto de saturação em que as respostas da maioria das perguntas já estavam ficando repetitivas, o que indicava que já estava sendo atingido uma quantidade adequada para atender os objetivos do estudo.

Desta forma, o Quadro 5 apresenta uma breve caracterização dos entrevistados selecionados, na qual foram questionados os tempos de atuação dos profissionais no mercado

da construção civil, e quais notas eles se auto avaliavam em relação ao grau de conhecimento e de envolvimento em estudos de viabilidade

Quadro 5 – Caracterização dos entrevistados.

Entrevistado	Tempo de atuação no mercado da construção civil	Grau de conhecimento sobre a estudos de viabilidade	Grau de envolvimento com estudos de viabilidade
Arquiteto A	34 anos	9/10	9/10
Arquiteto B	48 anos	9/10	10/10
Arquiteto C	20 anos	10/10	10/10
Arquiteto D	30 anos	10/10	10/10
Arquiteto E	22 anos	10/10	10/10
Incorporador A	23 anos	9/10	9/10
Incorporador B	10 anos	8/10	10/10
Incorporador C	23 anos	8/10	8/10
Incorporador D	37 anos	9/10	10/10

Fonte – do autor.

4.1.2 Resultados das entrevistas

O primeiro item das entrevistas com os arquitetos buscava saber quais era os principais participantes envolvidos nos estudos de viabilidade. Para o Arquiteto A, os principais participantes envolvidos nos estudos de viabilidade de empreendimentos imobiliários, em Fortaleza, geralmente esses estudos incluem o incorporador/construtor (podem ser, ou não, o mesmo agente), o arquiteto e uma empresa imobiliária. Para o Arquiteto B, os principais participantes envolvem o escritório de arquitetura, a incorporadora e, com frequência, o intermediador do terreno. Para o Arquiteto C, os principais envolvidos são o corretor, o incorporador, o advogado, o engenheiro ambiental, arquitetos, urbanistas, paisagistas, geógrafos e economistas. Para o Arquiteto D, o arquiteto, incorporador ou construtora, corretor e, eventualmente, o dono do terreno. Para o Arquiteto E, existem dois possíveis cenários: um envolvendo corretores e o arquiteto, e o outro o construtor/incorporador e o arquiteto.

A pergunta seguinte dizia respeito a saber quais são as principais informações que necessárias para iniciar um estudo de viabilidade de empreendimentos imobiliários, quem as fornece e o que se espera que o arquiteto entregue. Para o Arquiteto A as principais informações necessárias para se iniciar um estudo de viabilidade são as informações legais do terreno, topografia, restrições do meio ambiente, informações de órgãos estaduais e federais, informações de abastecimento de esgoto, água e energia. Para o Arquiteto B as principais informações dizem respeito ao terreno (área, dimensões, localização) e o tipo de produto que está se pensando no terreno. Para ele, quem traz essas informações é o intermediador do terreno, que pode ser um incorporador, por exemplo. Para o Arquiteto C que o incorporador e o corretor fornecem as informações sobre o imóvel e o levantamento topográfico, para a verificação das normas e legislações que envolvem o terreno e a entrega é o Estudo de Viabilidade Técnico Legal (EVTL), através de um relatório de todos os parâmetros envolvidos. Para o Arquiteto D precisa de área do terreno, localização e da intenção do incorporador ou corretor quanto a tipologia de projeto. Essas informações vêm do incorporador ou corretor, pois eles têm maiores informações, como potencial de venda, análise do mercado e portfólio da empresa que deseja incorporar. As demais informações vêm das legislações. Para o Arquiteto E, as principais informações que é preciso para se iniciar um estudo de viabilidade são a localização, dimensões do terreno, área do terreno e as vias que passam pelo terreno.

Com essas informações, para o Arquiteto A, espera-se que ele entregue um estudo de viabilidade com a caracterização do terreno e da sua viabilidade legal, além da simulação de área da edificação, com alturas, vagas, tamanho dos apartamentos, entre outras informações. Para o Arquiteto B, deve-se entregar um quantitativo com o número de unidades, uma implantação física (orientação dos apartamentos) e um esquema de vagas. Para o Arquiteto C, espera-se do arquiteto o projeto mais econômico e mais eficiente. Para o Arquiteto E, espera-se do arquiteto um estudo de massa, quadro de áreas, planta de situação e quadro de áreas da edificação (área total de vendas, quantidade de pavimentos, quantidade de apartamentos, eficiência do terreno, percentual entre área privativa e comum) sem detalhamento de acabamentos. Nessa etapa, já se leva em consideração questões como insolação e ventilação, elementos importantes que podem impactar diretamente na forma e orientação na edificação, assim como a sua projeção no terreno.

A pergunta seguinte buscava saber como se tomam as principais decisões dos estudos de viabilidade, como questões tipológicas (formato da edificação, número de apartamentos, vagas, entre outras questões). Para o Arquiteto A, as principais decisões dos estudos de viabilidade, muitas vezes, partem do incorporador e corretor, como a tipologia do

empreendimento, já chegando pré-estabelecidas para o arquiteto, devendo este ter que se adequar com essas exigências. Para o Arquiteto B, as principais decisões são feitas de maneira automática, seguindo a legislação e orientação (ventilação e insolação). Para o Arquiteto C, essas decisões cabem ao incorporador e histórico de pesquisa do mercado e dependem das legislações. Para o Arquiteto D, as principais decisões vêm dos indicadores urbanísticos e das legislações. Além disso, as principais decisões vêm pela experiência do arquiteto, desenhando a mão. Para o Arquiteto E, as principais questões são discutidas com os demais participantes. Em muitos casos, essas decisões já chegam tomadas para o arquiteto. Há também casos em que se dá liberdade para o arquiteto tomar todas as decisões e sugerir a melhor maneira de lidar com o terreno. Nesses casos, cabe ao arquiteto também ter noção de mercado e experiência de trabalho, para poder encontrar a solução mais viável.

O próximo item visa entender quais as principais legislações envolvidas em estudos de viabilidade de empreendimentos imobiliários e quais os pontos mais importantes que devem ser levados em consideração. Para o Arquiteto A as principais legislações envolvidas em estudos de viabilidade, para a cidade de Fortaleza são o Código de Obras, Plano Diretor, Lei de Uso e Ocupação do Solo (LUOS). Além disso, ele apontou que deve ser levado em consideração legislações ambientais do estado, como o COEMA. Têm-se também as Normas de Desempenho e Acessibilidade. Para o Arquiteto B, a principal legislação é a LUOS. O Arquiteto apontou o índice de aproveitamento e afastamento como os principais pontos a serem levados em consideração. Para o Arquiteto C, as principais legislações dependem da cidade, mas a LUOS é a mais recorrente. Para o Arquiteto D, na SEUMA é possível encontrar os principais indicadores urbanísticos. Além disso, tem a COMAR, Farol do Mucuripe, e a LUOS. Para o Arquiteto E, é necessário verificar a LUOS e o Código da Cidade para basear-se, sempre buscando verificar os parâmetros urbanísticos, questões como zoneamento, classificação viárias, classificação das vias, recuo, altura máxima, taxa de ocupação, taxa de permeabilidade.

A pergunta seguinte aos arquitetos dizia respeito a realização dos estudos de massa. Para o Arquiteto A, os estudos de massa podem ter o suporte do BIM, através dos seus programas de modelagem. Entretanto, no caso dele, usa-se o Sketch UP, feito manualmente, ficando as decisões do estudo de massa baseados nas legislações vigentes. Para o Arquitetos B e C, já se leva em consideração a forma do terreno e os estudos de massa são realizados pela experiência do arquiteto, através de estudos de casos passados, além de um acervo de massas. Para o Arquiteto D, os estudos de massa são desenvolvidos de acordo com a legislação e levando em consideração a orientação. Para o Arquiteto E, os estudos de massa se iniciam a

partir de premissas definidas previamente, como definição do tamanho do apartamento, por exemplo, e, com base no terreno e na legislação, é desenvolvido o estudo de massa.

Por fim, a última pergunta exclusiva para arquitetos buscava sugestões para melhorar estudos de viabilidade de empreendimentos imobiliários. Para o Arquiteto A, os estudos de viabilidade ainda podem melhorar quanto a hierarquização do trabalho, devendo os arquitetos terem mais autonomia para esse tipo de serviço, pois, no mercado atual, os estudos de viabilidade têm se tornado repetitivos e padronizados, com um passo a passo mecanizado e simples, tornando todos os novos empreendimentos parecidos e repetitivos. Para o Arquiteto C, os estudos de viabilidade têm de melhorar a base de dados para essa etapa ser feita mais rápida e eficiente. Além disso, o Arquiteto C também acredita que os arquitetos deveriam ter mais autonomia nesse processo, sem uma fórmula pré-estabelecida utilizada em vários casos pelos corretores. Para o Arquiteto D, os estudos de viabilidade devem melhorar quanto à relação e confiança entre os participantes, para gerar trabalhos mais eficientes. Para o Arquiteto E, os estudos de viabilidade poderiam melhorar com um programa que, a partir dos dados de entrada, retornasse a melhor solução disponível, tornando-o mais veloz e flexível.

Para os incorporadores, algumas perguntas foram similares, mas buscando conhecer uma outra visão sobre estudos de viabilidade. Assim, a primeira questão para os incorporadores foi, assim como para os arquitetos, sobre quais são os principais participantes envolvidos nos estudos de viabilidade. Para o Incorporador A os estudos de viabilidade envolve todas as áreas de uma empresa da área da incorporação, desde o marketing, financeiro, até o setor técnico e engenharia. Além destes, têm-se o arquiteto e corretores, externos à empresa. Para o Incorporador B os principais participantes são, além do incorporador, os corretores, projetistas (parceiros ou selecionados por uma das partes interessadas), o dono do terreno (caso haja) e o arquiteto. Para o Incorporador C, os principais participantes são o incorporador e o arquiteto e, por vezes, corretores. Para o Incorporador D, o arquiteto, a imobiliária de vendas, a incorporadora e a construtora são os principais envolvidos no processo de estudo de viabilidade.

A pergunta seguinte, similar também à dos arquitetos, foi sobre quais são as principais informações que você precisa para iniciar um estudo de viabilidade de empreendimentos imobiliários, quem as fornece e o que se espera que o incorporador entregue. Para o Incorporador A ele precisa dos dados do mercado, de que tipo de empreendimento deve ser lançado e do quadro de áreas feito pelos arquitetos para realizar os estudos dos custos da obra, através de um orçamento paramétrico, utilizando áreas equivalentes de outros empreendimentos concluídos, para assim devolver a resposta financeira se o empreendimento vale ou não a pena ser desenvolvido. Para o Incorporador B as principais informações são

dados de mercado, como bairros e localizações com potencial, tipo de empreendimento mais procurados. Além disso, informações referentes da potencialidade de um terreno. Para o Incorporador C são necessárias algumas premissas para começar um estudo de viabilidade: custos da obra, área construída, áreas privativas, curva de obra (curva física-financeira do banco), curva de vendas, permutas e etc. Essa informação vem do arquiteto e da construtora. O Incorporador D afirma que as principais informações necessárias são a documentação do terreno, contendo a matrícula e dimensões reais do local, fornecidas pela imobiliária. Assim, com essas informações, ele vai até o arquiteto buscando saber quais são as possibilidades de construção, dentro da legislação. Com essas possibilidades, o incorporador as encaminha para uma imobiliária, buscando entender qual é o tipo de produto ideal para aquele local.

A primeira pergunta diferente para os incorporadores dizia respeito a metodologia dos estudos de viabilidade de empreendimentos imobiliários. O Incorporador A realiza os estudos de viabilidade através do *Viabil* e do Excel para orçamento paramétrico. O Incorporador B realiza os estudos de viabilidade através de planilhas, variando cenários (tipos de apartamentos, por exemplo). Além disso, utiliza-se de áreas equivalentes para custear todas as áreas de uma edificação em relação as áreas privativas. O Incorporador C utiliza o *Viabil*, no qual ele coloca as premissas, forma de pagamento, exposição máxima, financiamento do banco, quantidade de balões, quantidades e formas de pagamento e o preço que ele vai querer vender o apartamento (por m²), tem o retorno do VGV, custo da obra, curva de vendas (velocidade de vendas). O Incorporador D realiza um levantamento de custo, baseando-se em parâmetros de custos dos últimos projetos realizados pela construtora, além do valor de venda daquela região, fornecida pela imobiliária. Assim, ele utiliza o *Viabil*, adicionando todas as informações financeiras e da tipologia do prédio para determinar a viabilidade da construção através de diversos parâmetros financeiros, como VPL, taxa interna de retorno, entre outros.

O próximo item trata das principais decisões relacionadas a estudos de viabilidade. Para o Incorporador A as principais decisões dos estudos de viabilidade podem ocorrer por experiência ou por pesquisa de mercado, buscando ver o que potenciais compradores podem querer de um determinado terreno. Para o Incorporador B, essas decisões vêm do tipo de empreendimento que se deseja construir e pelo padrão de qualidade da empresa, sem comprometer o retorno financeiro. Para o Incorporador C, essas decisões são pautadas na norma de desempenho e de estudos como incidência de luz, acústico, entre outros. Para o Incorporador D, essas decisões partem dos arquitetos, a partir do tipo de produto buscado.

Da mesma forma que para os arquitetos, foi perguntado para os incorporadores sobre as principais legislações envolvidas em estudos de viabilidade de empreendimentos

imobiliários e quais os pontos mais importantes que devem ser levados em consideração. Para o Incorporador A as principais legislações são o Plano Diretor e LUOS, Lei das Incorporações e a Normas de Desempenho. Para o Incorporador B, a LUOS e Lei de Incorporação, além da Norma de Desempenho. Para o Incorporador C, legislação municipal, Plano Diretor e a LUOS, além da Norma de Desempenho. Para o Incorporador D, a principal legislação seguida é a Norma das Incorporações.

Para entender melhor sobre questões financeiras dos estudos de viabilidade, foi perguntando se era considerado algum parâmetro de custo, fora o estudo de massa da edificação, para a tomada de decisão. Para o Incorporador A, os custos de um estudo de viabilidade são feitos a partir do histórico de obras já concluídas, utilizando o orçamento paramétrico como base, não havendo detalhamento maior. Para o Incorporador B, utiliza-se o custo por metro quadrado com o orçamento paramétrico, ajustado pelo INCC e majorado ou minorado, caso seja um empreendimento diferente do habitual. Para o Incorporador C, utiliza-se o orçamento paramétrico e a área equivalente (vem da incorporação – quadros da NBR 12.721), a partir de empreendimentos anteriores e similares, com taxas de eficiências iguais (área privativa/área construída). O Incorporador D utiliza orçamento paramétrico de acordo com informações de obras anteriores da construtora que está participando do projeto.

Por fim, também foi questionado para os incorporadores sobre sugestões para melhorar estudos de viabilidade de empreendimentos imobiliários. Para o Incorporador A, o custo da construção é a maior e mais importante variável em um estudo de viabilidade, mas ela é feita em cima de dados muito preliminares, o que faz com que existam muitos riscos envolvidos em estudos de viabilidade. O Incorporador B não soube dar nenhuma sugestão de melhoria, a partir do cenário atual. O Incorporador C acredita que o *Viabil*, na parte do incorporador, já é muito bom. O Incorporador D, a metodologia atual dos estudos de viabilidade atende ao seu trabalho, diante das incertezas do mercado.

A terceira parte das entrevistas dizia respeito a utilização de BIM em estudos de viabilidade. As perguntas eram similares entre arquitetos e incorporadores. A primeira pergunta buscava saber se o entrevistado usava o BIM nessa etapa da construção. Os arquitetos A, B, D e E utilizam o BIM apenas em outras etapas, como modelagem e detalhamento, enquanto o Arquiteto C utiliza o BIM em todas as etapas do seu trabalho. Quanto aos incorporadores, nenhum utilizava o BIM nessa etapa, ou tinha ciência dos seus arquitetos parceiros utilizarem.

O próximo item buscava identificar se o entrevistado via potencial de utilização do BIM em estudos de viabilidade de empreendimentos imobiliários. Para o Arquiteto A, o BIM pode ajudar os estudos de viabilidade com diversas análises, como, por exemplo, análise solar

e estudo de fachada. Para o Arquiteto C, o BIM pode ajudar em simulações de estudo de massa. Para o Arquiteto D, o BIM pode ajudar nas simulações e nas análises de incidência de luz. O Arquiteto E acredita que o BIM pode colaborar com a automatização dos estudos de massa, podendo analisar de forma mais eficientes os diversos cenários possíveis para uma edificação. O Incorporador A acredita que o BIM seria de grande utilidade nos estudos de viabilidade, não sabe como. O Incorporador B acredita que o BIM pode trazer outros parâmetros para os estudos de viabilidade, como detalhamento da edificação, fora o custo. O Incorporador C não consegue visualizar a aplicação do BIM em estudos de viabilidade, vindo pelo lado do incorporador. O Incorporador D afirma ter pouco conhecimento em BIM, então não consegue sugerir alguma aplicação da mesma em estudos de viabilidade.

O próximo item dizia respeito a utilização da programação visual, buscando identificar se já era utilizado no mercado de forma difundidas. Dos arquitetos, apenas o C utiliza programação visual, mas não focado na concepção/estudo de massas em estudos de viabilidade, apesar de já ter estudado sobre o assunto há alguns anos.

4.2 Elaboração da ferramenta

A elaboração da ferramenta trata-se da tradução do que foi analisado, durante as entrevistas e da revisão bibliográfica, para um código de programação visual que simule os estudos de viabilidade de empreendimento imobiliários. Dessa forma, o primeiro passo foi construir a lógica do estudo de viabilidade, ou seja, entender como ele é feito no mercado da construção, para assim, transformá-lo em código.

4.2.1 Construção da lógica

Para a construção da lógica, o primeiro passo foi resumir o conteúdo das entrevistas com arquitetos e incorporadores, buscando identificar quais eram os termos mais relevante e repetitivos ditos pelos entrevistados. Dessa forma, seria possível traçar as semelhanças entre procedimentos e ideias, para assim, alinhá-los e construir a lógica a ser utilizada.

Para isso, foi utilizado o *software* NVivo 12, programa utilizado para analisar dados qualitativos. Foi inserido todo o conteúdo transcrito das entrevistas no *software* e ele retornou as palavras mais repetidas, o que aponta como um alinhamento de ideias a ser utilizada nesse trabalho. Para melhor entendimento das palavras, foram redigidos textos, baseados nos

conteúdos das entrevistas, explicando-as. O resumo realizado com o auxílio desse programa pode ser visto no Quadro 6.

Quadro 6 – Resumo das entrevistas

RESUMO DAS ENTREVISTAS	
ARQUITETOS	
4. Participantes	Incorporador, construtor (podem ser, ou não, o mesmo agente), arquiteto, empresa imobiliária, corretor e dono do terreno.
5. Informações	Informações do terreno (dimensões e localização), tipologia do produto, topografia e restrições do meio ambiente. Fornecidas pelo dono do terreno ou incorporador ou imobiliária. Espera-se um EVTL com quadro de áreas, estudo de massas e simulações do empreendimento.
6. Decisões	As principais decisões partem do incorporador ou corretor. Quando tomadas pelo arquiteto, se baseiam na sua experiência e nas legislações.
7. Legislações	LUOS, Plano Diretor e Código das Cidades.
8. Estudo de massa	Desenvolvidos de acordo com a tipologia do projeto e legislações existentes.
9. Sugestões	Melhoria da confiabilidade dos dados de entrada e automatização do processo.
10. BIM em EV	A maioria apenas utiliza o BIM em outras etapas de projeto.
11. Aplicação do BIM em EV	Mais simulações em menos tempo e automatização.
12. Programação visual	Apenas um utiliza, mas em outras etapas de projeto.
INCORPORADORES	
4. Participantes	Arquiteto, imobiliárias, corretores e incorporadores.
5. Informações	Dados do mercado e da edificação, fornecidas por imobiliárias e arquitetos, respectivamente. Informações financeiras internas. Espera-se um EV financeiro, apontando a viabilidade, ou não, da construção.
6. Metodologia	Com as informações dos arquitetos, utilizam o <i>Viabil</i> para o estudo de viabilidade financeiro, utilizando o VPL, TIR, VGV e custo da obra como principais parâmetros decisivos.
7. Decisões	Experiência e/ou estudo de mercado.
8. Legislações	Plano Diretor e LUOS, Lei das Incorporações e a Normas de Desempenho.
9. Parâmetros de custo	Orçamento paramétrico e áreas equivalentes.
10. Sugestões	A maioria acredita que, do ponto de vista financeiro, a metodologia atual atende suas demandas.
11. BIM em EV	Apenas utilizam em outras etapas da cadeia produtiva do projeto.
12. Aplicação do BIM em EV	Apesar de não terem conhecimento sobre as ferramentas, acreditam que podem ajudar.

Fonte – do autor.

Assim, a partir do que foi observado, muitas respostas entre arquitetos e incorporadores foram convergiram, Os grupos identificaram os mesmos responsáveis pelos estudos de viabilidade, além de apontar a LUOS como principal legislação norteadora, assim como apontaram itens semelhantes que devem ser utilizados de forma majoritária. Além disso, foi apontado que, na maioria das vezes, as principais decisões sobre a edificação partem dos incorporadores, a partir da sua experiência de mercado, ou auxiliado por corretores. A partir das entrevistas, percebeu-se que o estudo de viabilidade deve envolver o estudo de massa, assim como a geração de um relatório apresentando informações de áreas, custos e índice de viabilidade financeira. Assim, alinhando as entrevistas à revisão bibliográfica realizada, elaborou-se o fluxograma presente na Figura 11, que mostra as três principais etapas do estudo de viabilidade e o que se faz necessário desenvolver em cada momento.

Figura 11- Lógica do estudo de viabilidade



Fonte – do autor.

Dessa forma, o primeiro passo para se iniciar um estudo de viabilidade, partindo-se do pressuposto que já há um terreno, é determinar quais são as dimensões e a área dele, bem como sua localização na cidade, para poder levantar os dados legislativos referente à LUOS – Lei e Ocupação do Solo – e, por fim, poder definido o que se pretende construir. Ou seja, deve-se ter em mente, ou ideia, do padrão construtivo, quantidade de apartamentos e vagas.

A partir desse ponto, pode-se iniciar, de fato, o estudo de viabilidade, com a análise da legislação (segunda etapa). A partir da localização do terreno e sua verificação legal na LUOS, devem-se extrair as seguintes informações principais, de acordo com a revisão e as entrevistas:

1. TO – Taxa de Ocupação;
2. TS - Taxa de Ocupação do Subsolo;

3. IA - Índice de aproveitamento;
4. TP - Taxa de permeabilidade;
5. Gabarito máximo;
6. FL - Fração de Lote
7. Recuos frontal e lateral.

A taxa de ocupação determina a projeção máxima da edificação no terreno, ou seja, a área máxima que um pavimento pode ter. Assim, essa área máxima ocupável é calculada a partir da (.

$$AO = \text{Área do terreno} \times TO (\%) \quad (4)$$

A taxa de ocupação do subsolo determina, de forma análoga a taxa de ocupação, a projeção máxima subsolo no terreno. Assim, essa área máxima do subsolo é calculada a partir da Equação 5.

$$AS = \text{Área do terreno} \times TS (\%) \quad (55)$$

O índice de aproveitamento é o que determina a quantidade máxima de área construída total de uma edificação, calculada a partir da sua área do terreno. Ou seja, a área total da soma de todos os pavimentos habitáveis. Assim, a área máxima possível a ser construída é calculada a partir da Equação 6.

$$AM = \text{Área do terreno} \times IA \quad (6)$$

A taxa de permeabilidade diz respeito à quantidade de área do terreno que não pode ter nenhum de construção, deve ser totalmente permeável. Ou seja, as áreas de subsolo e áreas máxima da projeção da edificação devem respeitar a taxa de permeabilidade, sendo esta uma limitadora do tamanho da construção. Assim, a área permeável é calculada a partir da (.

$$AP = \text{Área do terreno} \times TP (\%) \quad (7)$$

A fração de lote determina a quantidade de unidades máximas que podem ser postas à venda em uma edificação residencial multifamiliar. Assim, a quantidade máxima de unidades é calculada a partir da Equação 8.

$$UN = \frac{\text{Área do terreno}}{FL} \quad (8)$$

Os resumos das informações gerais da edificação a ser estudada, a partir dos principais cálculos envolvendo os parâmetros legislativos podem ser observados no Quadro 7, que apresenta valores genéricos para fins de exemplificação.

Quadro 7 – Dados de entrada genéricas da edificação

INFORMAÇÕES GERAIS	
TERRENO	
Área do Terreno (m²)	1.000,00 m ²
TO - Taxa de Ocupação	40,0%
Taxa de Ocupação do subsolo	60,0%
Índice de Aproveitamento	4
Taxa de Permeabilidade	20,00%
Gabarito máximo	60,00 m
Fração do Lote	30
Número máximo de unidades	33
Área Permeável (m²)	200,00 m ²
Área construída máxima utilizável:	4.000,00 m ²
Área máxima de ocupação	400,00 m ²
Área máxima de ocupação do subsolo	600,00 m ²

Fonte – do autor.

O gabarito máximo diz respeito à altura máxima que uma edificação pode ter, sendo possível, a partir da definição do pé direito, determinar quantos andares podem ser projetados na edificação. Os recuos são as distâncias entre o limite externo da projeção da edificação no plano horizontal, e a divisa do lote e que não podem ser ocupadas por construções. O recuo frontal é medido em relação a avenida ou rua principal e o recuo de fundo é o oposto. No trabalho, optou-se por utilizar apenas um desses recuos, o que for de maior valor.

Com as informações obtidas, é possível realizar projeções do que se pode construir no terreno. Com a área máxima construída, a área de ocupação, o gabarito e a quantidade de apartamentos por andar que se deseja, é possível determinar a área de um pavimento tipo, a quantidade de pavimentos e a quantidade de apartamentos da edificação, respeitando todos os limites impostos. Essas informações podem ser observadas no Quadro 8.

Quadro 8 – Informações genéricas da edificação

EDIFICAÇÃO	
Pavimentos de apartamentos:	8
Laje computável/Pavimento:	400,00 m ²
Circulação/pavimento:	30,00 m ²
Área Priv. computável/Pavto	370,00 m ²
Número de apartamentos por pavimento	2,00
Área Privativa por Unidade	185,00 m ²
Número total de apartamentos	16,0
Pé direito	3,00 m ²
Altura máxima	33,00 m

Fonte – do autor.

Para o subsolo, a partir da quantidade de apartamentos encontrada e a quantidade de vagas por apartamento, é possível determinar a área de subsolo para atender essa demanda. Assim, deve-se comparar essa área com a área impermeável disponível, respeitando as devidas legislações. Dessa forma, caso a área necessária seja maior que a área impermeável, deve-se adotar mais de um andar de subsolo, afim de atender a demanda. Essas informações podem ser observadas no Quadro 9.

Quadro 9 – Informações genéricas do subsolo

SUBSOLO	
Vagas mínimas por apto:	2
Área de vagas (m²/vaga):	22,00 m ²
Área necessária:	704,00 m ²
Área adotada (área impermeável)	600,00 m ²
Núm. Subsolos necess.:	1,1733333
Núm. Subsolos adotado:	2

Fonte – do autor.

Com todas essas informações, é possível determinar a área máxima construída utilizada, comparando com a área máxima de ocupação. É válido salientar que apenas é considerado nessa conta as áreas sobressolo, o que significa que as áreas de subsolo não se enquadram. Com esse quadro de áreas, é possível determinar as áreas equivalentes.

O quadro de áreas equivalentes pode ser encontrado na NBR 12721 - Avaliação de custos de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios. De acordo com esta norma, a definição desse tipo de área é a área virtual cujo custo de construção é equivalente ao custo da respectiva área real, utilizada quando este custo é diferente do custo unitário básico da construção adotado como referência. Pode ser, conforme o caso, maior ou menor que a área real correspondente. Ou seja, toma-se como base um

determinado custo, como no caso desse trabalho, o pavimento tipo, e se compara a proporcionalidade de custo de outros ambientes como se eles fossem também pavimento tipo, assim, é possível ter uma quantidade de áreas unificadas com um mesmo custo. A referida norma sugere diversos coeficientes médios que podem ser adotados, mas as construtoras podem ter seus próprios coeficientes, de acordo com seu histórico de construção. Assim, as áreas construídas total, área construída que entra no quantitativo da LUOS e as áreas equivalentes de uma edificação podem ser observadas no Quadro 10.

Quadro 10 – Áreas construídas e áreas equivalentes genéricas

CÁLCULO DE ÁREAS	Área	Coefficiente de Eq.	Área Equivalente
1º Subsolo	600,00 m ²	0,70	420,00 m ²
2º Subsolo	600,00 m ²	0,80	480,00 m ²
3º Subsolo	0,00 m ²	0,90	0,00 m ²
4º Subsolo	0,00 m ²	1,00	0,00 m ²
Térreo externo sobre laje	200,00 m ²	0,60	120,00 m ²
Térreo externo sobre solo	400,00 m ²	0,25	100,00 m ²
Térreo externo coberto	0,00 m ²	0,70	0,00 m ²
Térreo interno	400,00 m ²	1,10	440,00 m ²
Tipo	3.200,00 m ²	1,00	3.200,00 m ²
Cobertura	400,00 m ²	1,00	400,00 m ²
Área Total Construída	5.800,00 m²		
Área Construída - LUOS	4.000,00 m²		
Área Equivalente - NBR 12721	5.160,00 m²		

Fonte – do autor.

Por fim, a terceira etapa do modelo se trata da viabilidade financeira. A utilização de áreas equivalentes é de extrema importância para o uso do orçamento paramétrico. Assim, a partir de dados históricos da construtora, é possível levantar um custo médio padrão por metro quadrado de um determinado tipo de empreendimento, sendo possível ter uma estimativa de valor médio de construção. Além disso, a partir também de experiência de mercado, é possível saber o valor de venda por metro quadrado em uma determinada região, possuindo uma estimativa do valor total arrecadado com o total de vendas das unidades. Assim, têm-se as relações presentes no Quadro 11.

Quadro 11 – Custo de construção e valor de venda genéricos

Área equivalente total de construção	5.160,00 m ²
Custo de construção (orçamento paramétrico) R\$/m²	R\$ 1.000,00
Área vendável	3.200,00 m ²
Valor de venda R\$/m²	R\$ 3.000,00
Investimento Inicial para construção	R\$ 5.160.000,00

Fonte – do autor.

Com essas informações e possuindo uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) definida para o seu empreendimento, além de estimativas de um Fluxo de Caixa, é possível calcular todos os parâmetros financeiros desejados para o empreendimento, como o Taxa Interna de Retorno (TIR) – que deve ser maior que a TMA para determinar a viabilidade do projeto -, o Valor Presente Líquido (VPL) – deve ser um maior igual ou maior que zero para ser viável -, o Índice de Lucratividade (IL) – deve ser maior que um para apresentar viabilidade – e o tempo de Payback. Essas informações podem ser observadas no Quadro 12.

Quadro 12 – Viabilidade financeira genérica

Taxa Mínima de Atratividade (TMA) ao ano	12,00%		
Período (Ano)	Fluxo de Caixa	Valor Presente	VP Acumulado
0	-R\$ 5.160.000,00	-R\$ 5.160.000,00	-R\$ 5.160.000,00
1	R\$ 3.200.000,00	R\$ 2.909.090,91	-R\$ 2.250.909,09
2	R\$ 2.400.000,00	R\$ 1.983.471,07	-R\$ 267.438,02
3	R\$ 1.600.000,00	R\$ 1.202.103,68	R\$ 934.665,66
4	R\$ 1.371.428,57	R\$ 936.704,17	R\$ 1.871.369,83
5	R\$ 1.028.571,43	R\$ 638.661,93	R\$ 2.510.031,76
Soma VPs (Ano 1 a 5)	R\$ 7.670.031,76		
VPL do Projeto	R\$ 2.510.031,76		
Taxa Interna de Retorno (TIR)	32,59%		
Índice de Lucratividade (IL)	1,49		
Tempo de Payback (anos)	2,22		

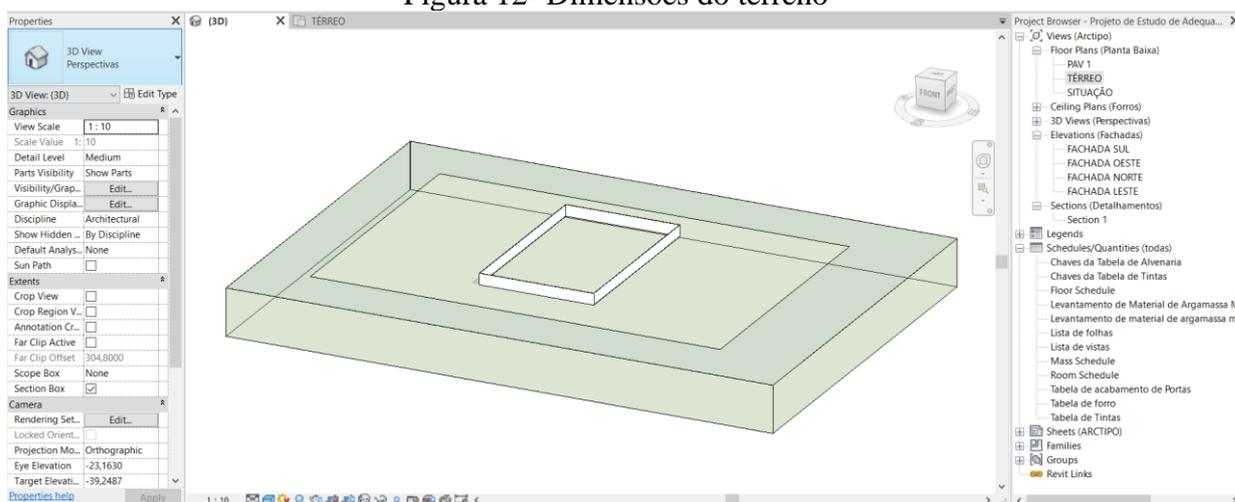
Fonte – do autor.

Com todas as informações presentes até o momento, têm-se um estudo de viabilidade completo, indicando áreas, quantidade de unidades, quantidade de vagas, estimativa de custos e de lucros, ficando a decisão do prosseguimento, ou não, do empreendimento, a cargo dos gestores e incorporadores. Assim, o próximo passo é traduzir o estudo de massas do estudo de viabilidade para ferramentas BIM, a partir do qual serão extraídas todas as informações referentes a áreas, buscando mais rapidez e maior escopo de possibilidades de uma edificação de uma maneira mais rápida e visual para os operadores e *stakeholders*.

4.2.2 Desenvolvimento do código no Dynamo

Esta etapa consiste na tradução do que foi apresentado no item 4.2.1 em uma linguagem de programação visual, utilizando as plataformas *Dynamo* e *Revit*. A lógica é bastante semelhante com o construído como estudo de viabilidade padrão, adotado nesse trabalho, como um estudo de massas. Assim, da mesma forma que no passo a passo encontrado, a primeira etapa é a definição das dimensões do terreno e sua localização. Assim, esta primeira parte começa ainda no *Revit*, com a inserção das dimensões do terreno a ser estudado, como mostra a Figura 12, limitadas pelas paredes brancas. A princípio, a programação tende a maximizar a edificação, procurando sempre adotar o maior aproveitamento de área possível, mas será mostrado como manipular para valores menores também.

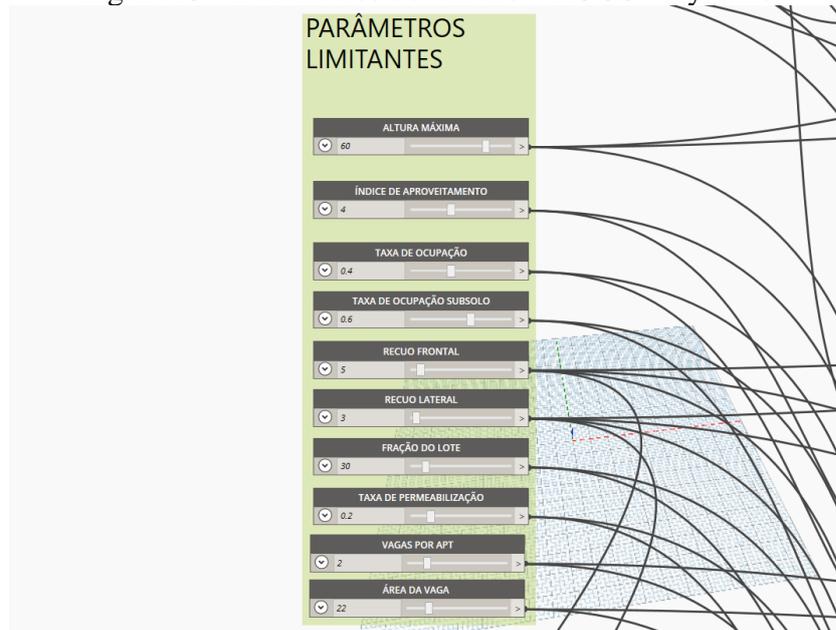
Figura 12- Dimensões do terreno



Fonte – do autor.

A próxima etapa diz respeito aos parâmetros impostos pela legislação da LUOS, implicadas no terreno, e algumas definições da tipologia que está se desejando, como a quantidade de vagas por apartamento e o tamanho de áreas dessas vagas. Eles foram inseridos através de nós, como mostrado na Figura 13, que alimentaram funções que calculam os as áreas necessárias (área de ocupação, permeável, entre outras) para iniciar o estudo de massa.

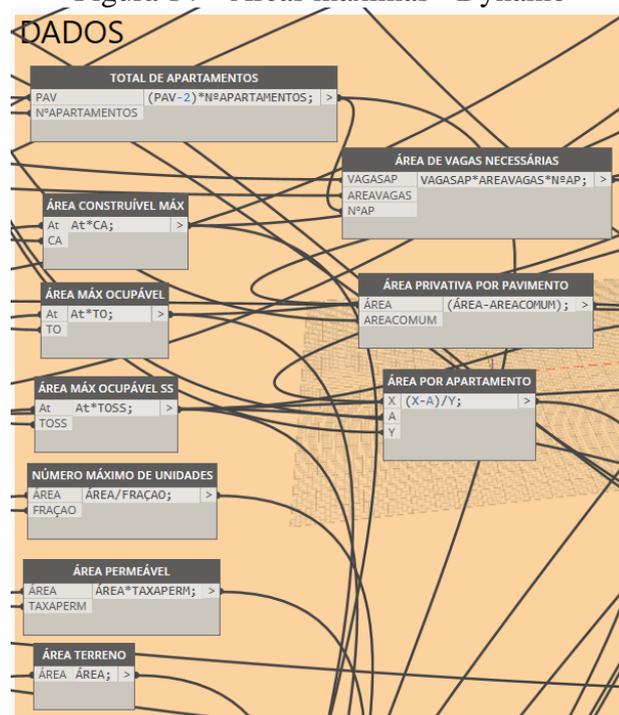
Figura 13 – Parâmetros do terreno – LUOS - Dynamo



Fonte – do autor.

A partir desses nós, contendo as informações básicas da LUOS, são realizados os cálculos referentes às áreas máximas permitidas na edificação, estimativa da quantidade de andares, quantidade de apartamentos, quantidade de vagas e área de subsolo necessária. Essas operações são representadas pelos nós contidos na Figura 14.

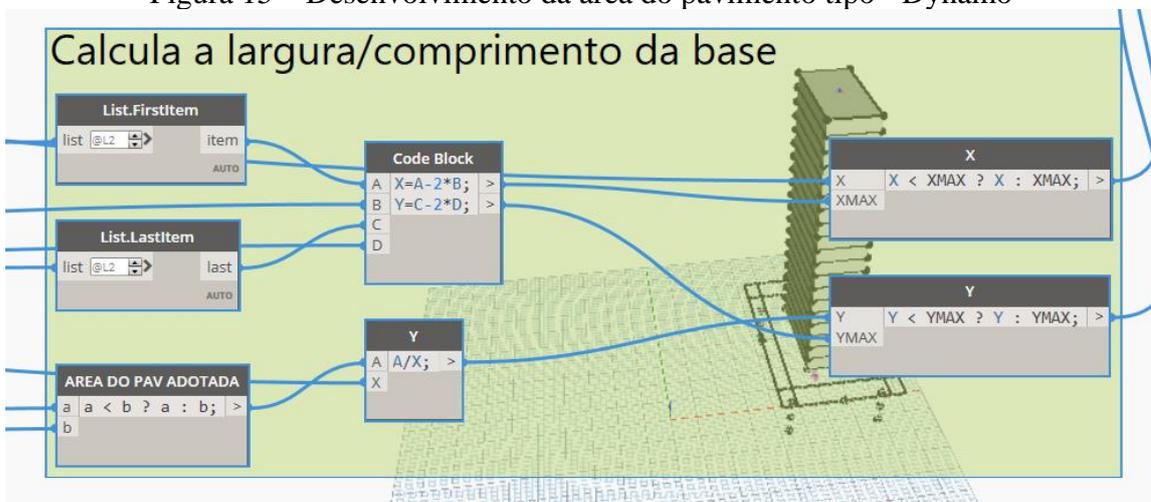
Figura 14 – Áreas máximas - Dynamo



Fonte – do autor.

Definidas as áreas máximas, o próximo passo é a definição do cálculo do comprimento e da largura de um pavimento da edificação. Para isso, foram utilizados o conjunto de nós representado pela Figura 15. Esses nós são alimentados pelas informações da área total do terreno, área máxima de ocupação, pelos recuos estabelecidos e por uma largura qualquer definida inicialmente em um conjunto de nós auxiliar, na Figura 20, que será mostrado nas próximas etapas. Assim, esses nós definem quatro pontos, dois no eixo X e dois no eixo Y, centralizados com o terreno, delimitando a área do pavimento.

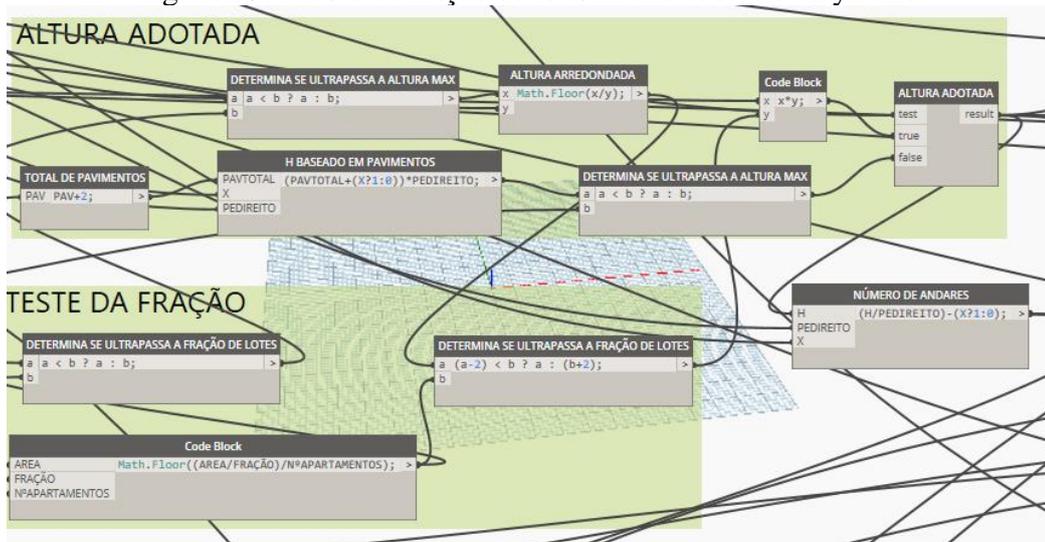
Figura 15 – Desenvolvimento da área do pavimento tipo - Dynamo



Fonte – do autor.

Com o tamanho do pavimento definido, parte-se para a quantidade de andares da edificação. Assim, primeiro deve-se realizar um teste em relação a máxima quantidade de altura que pode ser utilizada, pois, apesar do gabarito máximo, deve-se verificar a relação entre a quantidade de apartamentos permitidos pela fração de lote e se essa quantidade ultrapassa o gabarito da edificação. Os nós responsáveis por essa etapa podem ser visualizados na Figura 16.

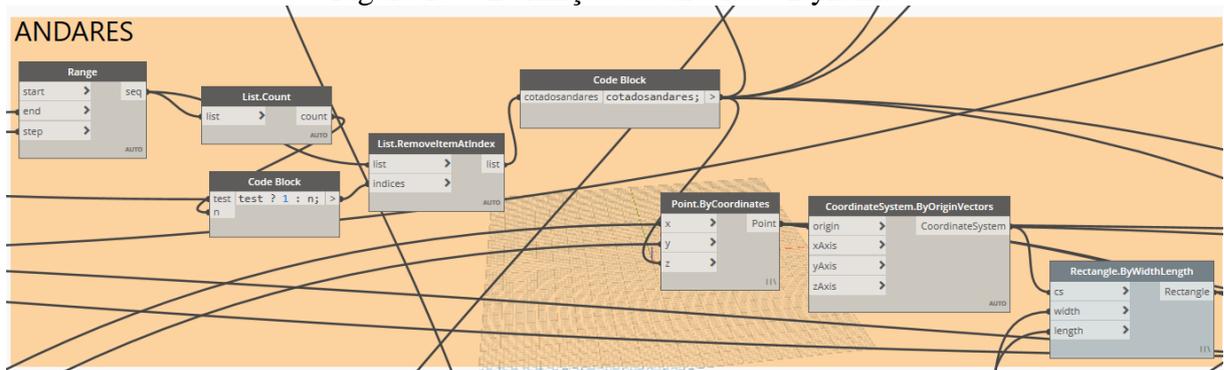
Figura 16 – Teste da fração de lote/Altura adotada - Dynamo



Fonte – do autor.

Após a verificação das alturas, deve-se definir a área dos andares da edificação. Esse conjunto de nós está representado na Figura 17. Esses nós são alimentados pelo tamanho do pé direito, o gabarito máximo, a área de ocupação e a área por andar. Como a largura e comprimento foram definidos no eixo X e Y, a altura da edificação é uma replicação deles num eixo Z, separados pelo tamanho do pé direito e limitados pelo gabarito máximo e a área máxima de ocupação.

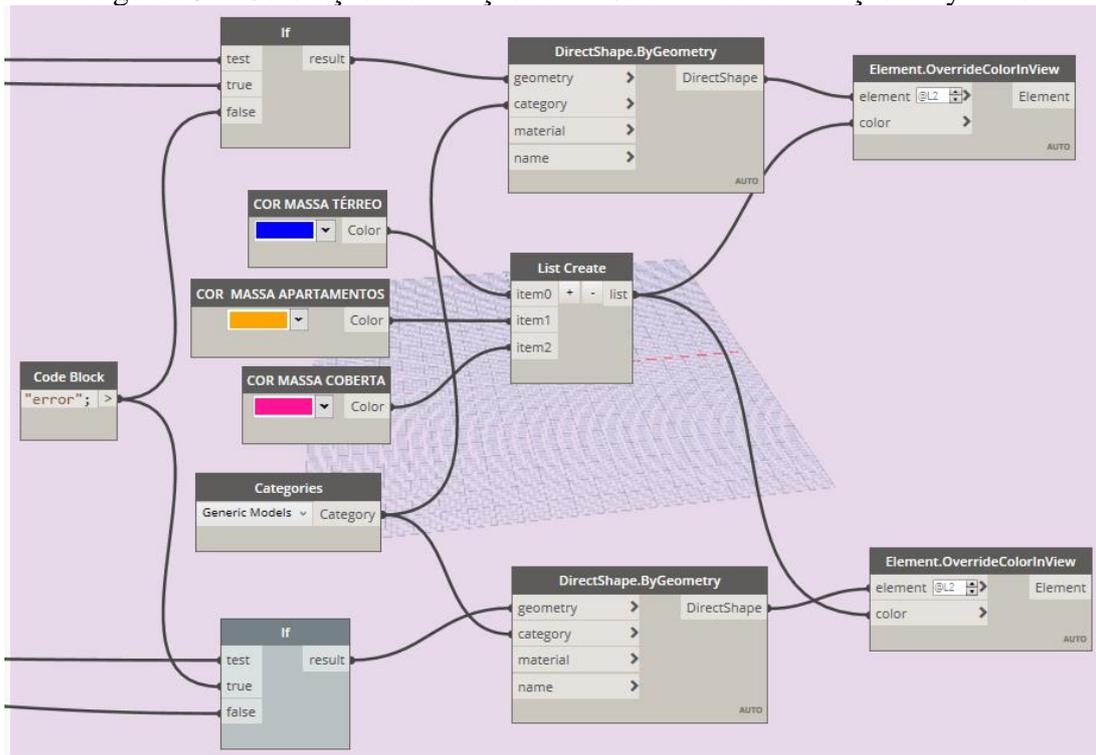
Figura 17 – Definição do andares - Dynamo



Fonte – do autor.

O próximo conjunto de nós, representado na Figura 18, finalmente, diz respeito a geração de massas do estudo. Ele é alimentado, principalmente, pelo conjunto de nós referente aos andares e pelo conjunto de nós referente a largura e comprimento da edificação. Assim, ele gera a massa da edificação a partir da combinação dos pontos X, Y e Z, presentes nesses dois conjuntos de nós.

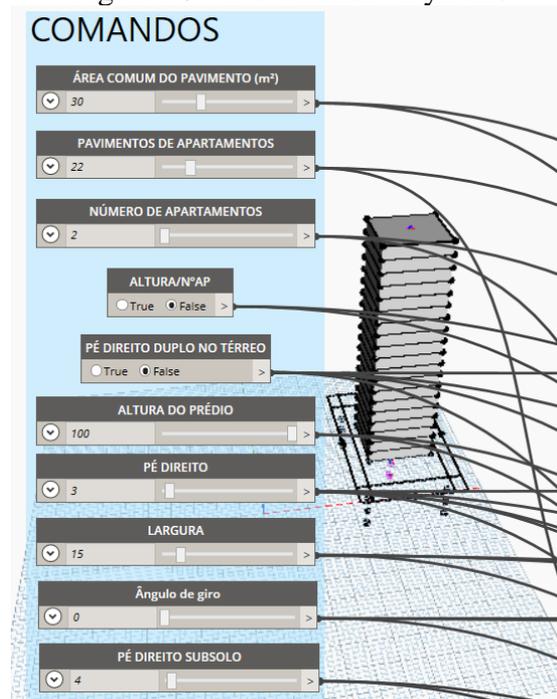
Figura 19 – Coloração e definição da massa final da edificação - Dynamo



Fonte – do autor.

Como auxílio manipulativo, foi criado o conjunto de nós representado pela Figura 20. Esses nós dizem respeito a algumas informações iniciais de projeto, como quantidade de apartamentos por andar, altura do pé direito e pé direito do subsolo. Ele possui alguns nós que ajudam a manipulação da massa da edificação. Um deles é a largura do prédio, manipulado nesse ponto, que impacta no comprimento da edificação presentes na Figura 15, a fim de maximizar a relação largura x comprimento. Já os nós pavimentos de apartamentos e altura do prédio funcionam como limitadores. Se eles forem maiores do que encontrados no desenvolvimento do estudo, eles são desconsiderados. Assim, eles podem ser utilizados como se queira estudar uma edificação menor que a máxima, pois quando esses valores são menores do que os encontrados dos valores máximos, eles que são utilizados para a formação da massa da edificação. Além disso, ainda há o nó de pé direito duplo, caso se deseje que o pavimento térreo tenha uma altura duplicada. Caso se deseje, deve-se marcar como “True”, caso não, como “False”.

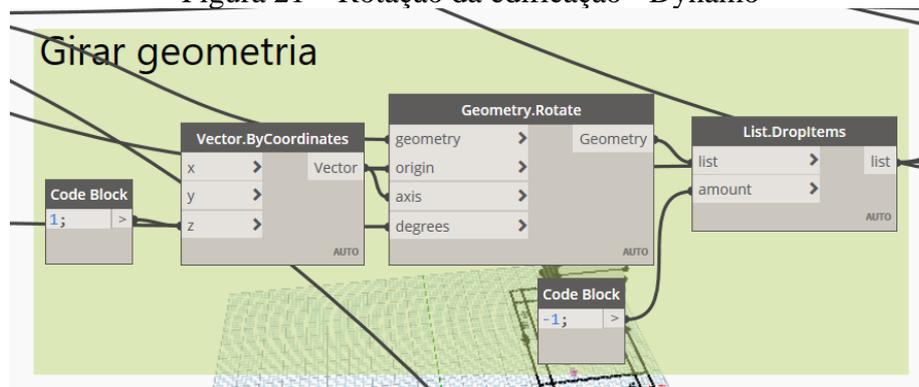
Figura 20 – Nó auxiliar - Dynamo



Fonte – do autor.

Outro nó presente no conjunto dos auxiliares diz respeito a rotação da edificação. É uma funcionalidade adotada caso se deseje melhor adequar a disposição da edificação por questões energéticas e sobre a ventilação da edificação. Assim, esse nó alimenta o conjunto de nós presente na Figura 21, responsável por realizar essa rotação, a partir do ângulo desejado.

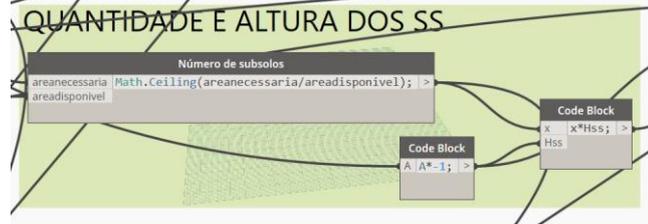
Figura 21 – Rotação da edificação - Dynamo



Fonte – do autor.

Finalizando a massa da edificação, tem-se o processo de criação do subsolo, muito similar ao que foi apresentado. O primeiro passo, apresentado na Figura 22, é determinar a quantidade e a altura necessárias para o subsolo, a partir do número de vagas necessárias para atender a demanda da edificação e da área de permeabilidade indicada pela lei.

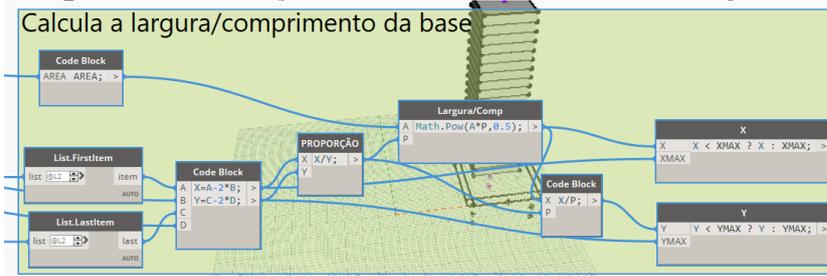
Figura 22 – Quantidade e altura do subsolo - Dynamo



Fonte – do autor.

A forma do subsolo, presente nos nós da Figura 23, são alimentados pelos nós referentes aos recuos da edificação. Diferentemente da edificação, que possui forma retangular, considerou-se o subsolo na forma de um quadrado, com lados iguais, então não havia necessidade de um nó auxiliar para a largura. Dessa forma, são definidas coordenadas máximas X e Y, totalizando os quatro pontos do subsolo.

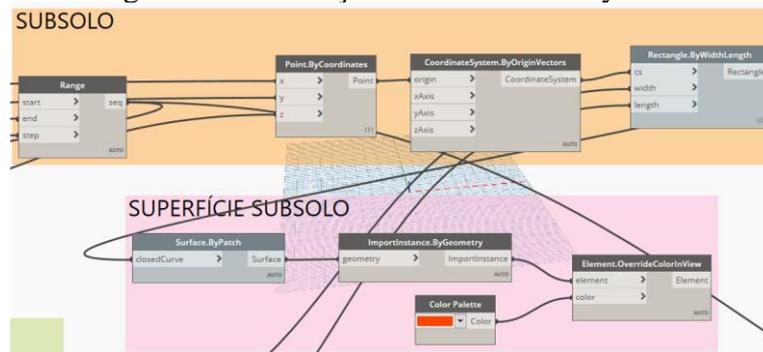
Figura 23 – Definição da área do subsolo máxima - Dynamo



Fonte – do autor.

Dessa forma, de acordo com a taxa de ocupação do subsolo, taxa de permeabilidade e a forma do subsolo, o conjunto de nós para o subsolo, visualizado na Figura 24, corresponde à criação dos pavimentos. As áreas são definidas pelos pontos X e Y encontrados pela forma, replicados no eixo Z, determinado pelo pé direito do subsolo, que se encontra no conjunto de nós auxiliares.

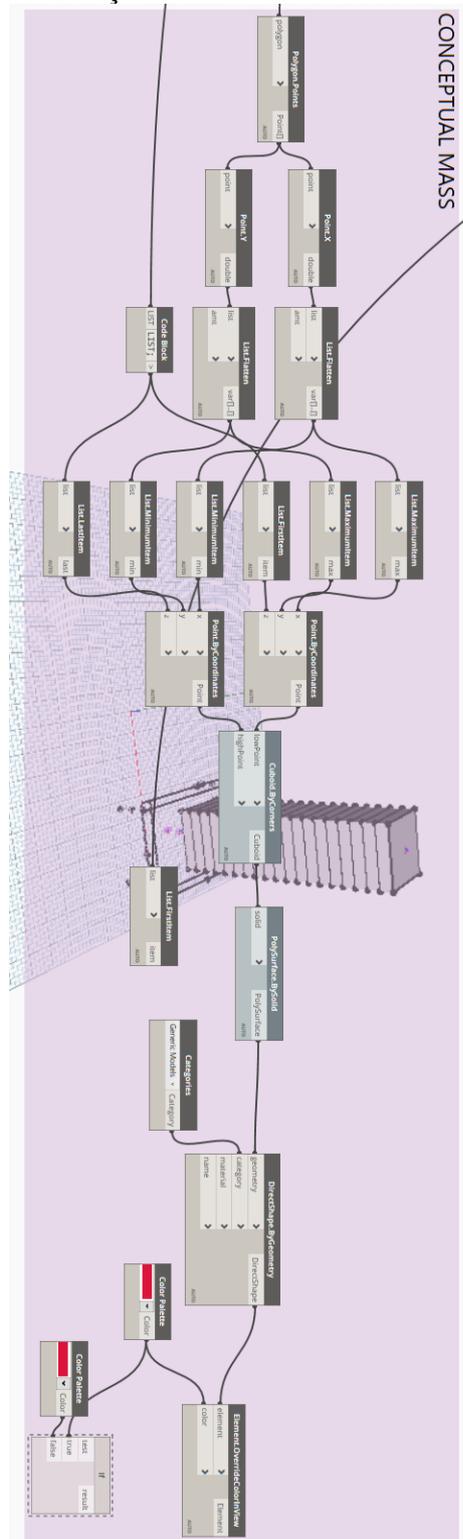
Figura 24 – Definição dos subsolos - Dynamo



Fonte – do autor.

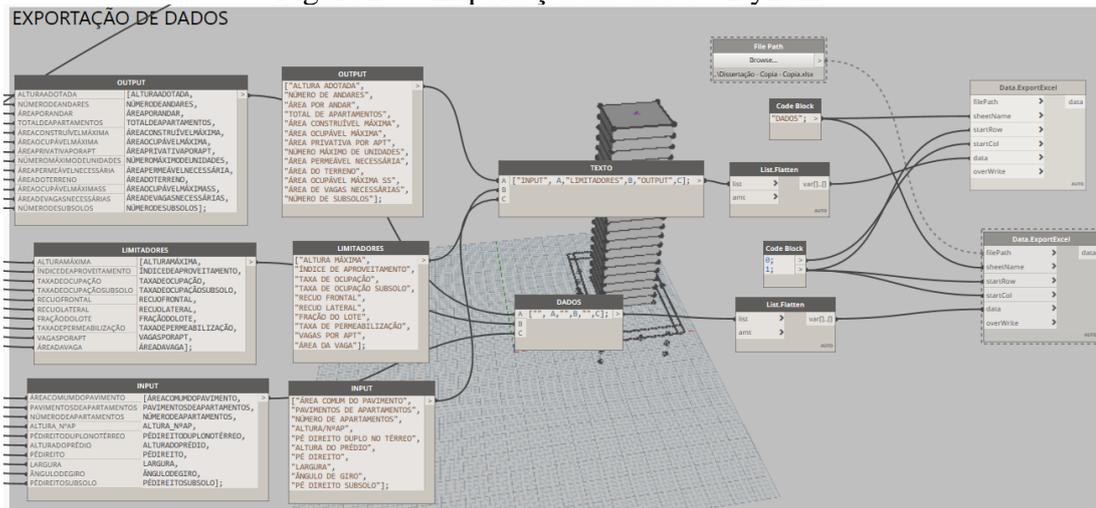
Para finalizar o subsolo, têm-se a criação da massa do mesmo, conforme Figura 25, no qual funciona de maneira análoga ao conjunto de nós da Figura 18, somando-se a definição da cor da massa do subsolo, para melhor visualização do mesmo.

Figura 25 – Geração de massas dos subsolos - Dynamo



Para finalizar o código, enfim, tem-se a exportação de todos os dados úteis para o estudo de viabilidade para uma planilha de Excel pré-programada para recebê-los e realizar os cálculos de viabilidade financeira. Dados como áreas, alturas, quantidade de pavimentos, entre outras informações podem ser transferidas através do conjunto de nós representado pela Figura 26.

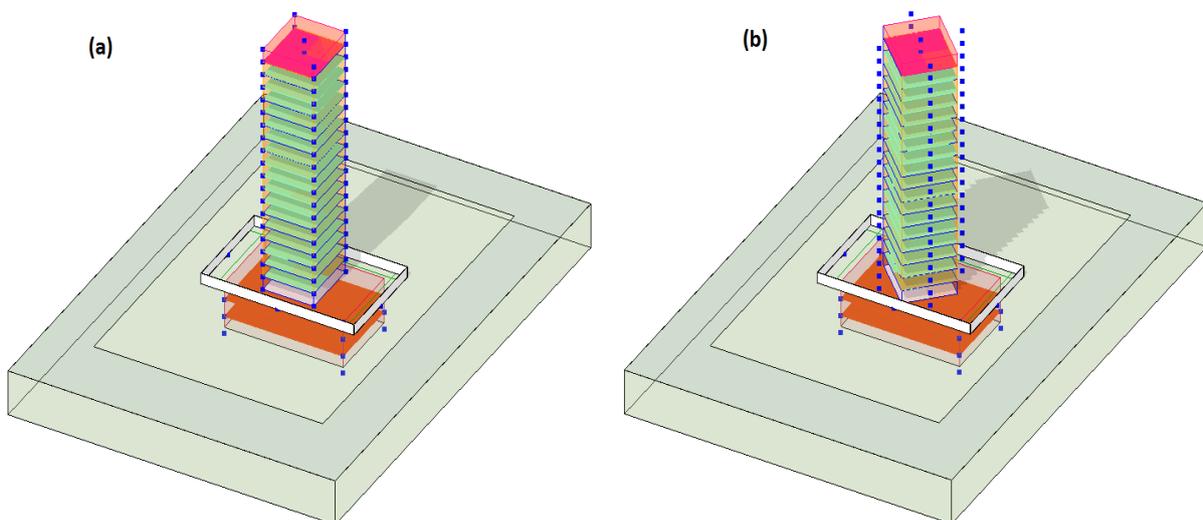
Figura 26 – Exportação de dados - Dynamo



Fonte – do autor.

Assim, têm-se a visualização completa do 3D da edificação apresentado no *Revit*, como se pode visualizar na Figura 27. É possível ver os limites do terreno, limitados pelas paredes brancas, os recuos, representados pelos traços verdes no plano do terreno, e a massa da edificação e do subsolo.

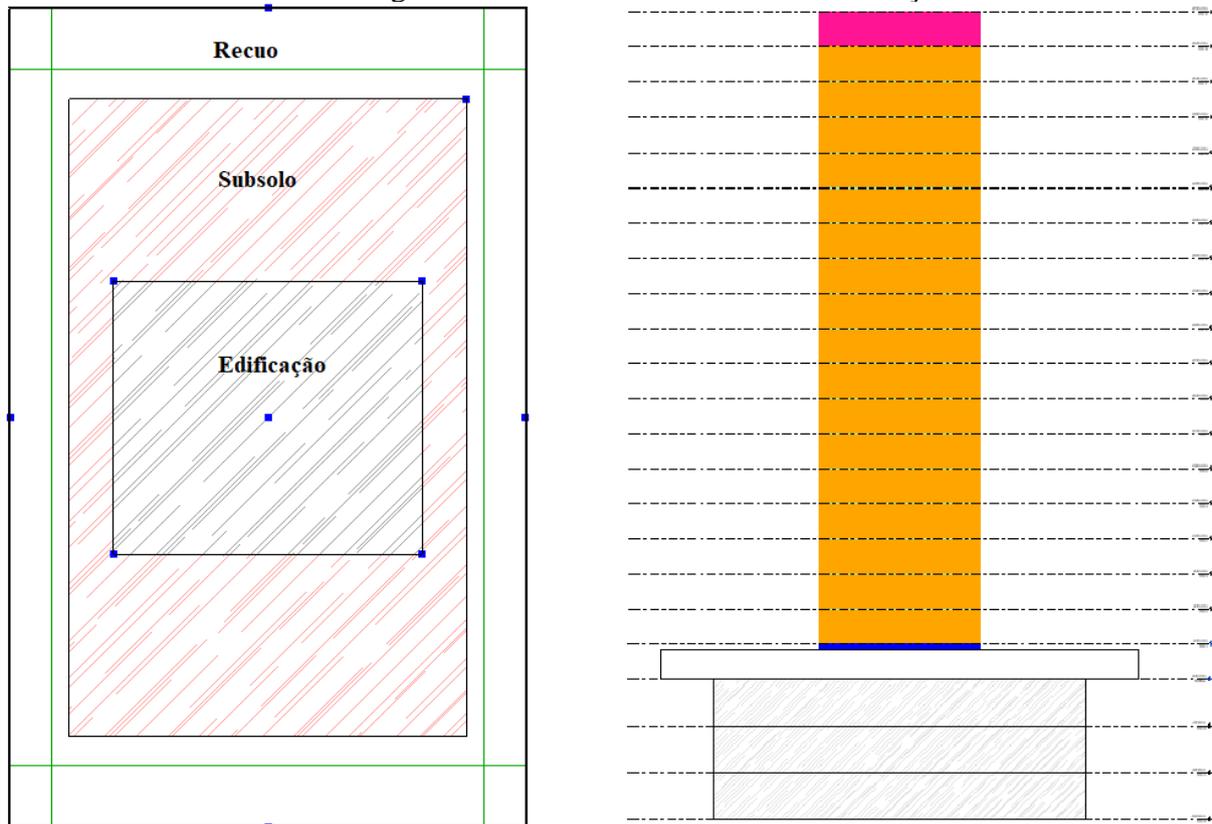
Figura 27 – Resultado do estudo de massa - (a) Sem rotação – (b) Com rotação



Fonte – do autor.

Ainda no *Revit*, é possível visualizar a disposição da edificação em planta baixa, sendo possível verificar questões como os recuos, além de um corte, da massa gerada, apresentando os níveis associados a eles, como mostra a Figura 28.

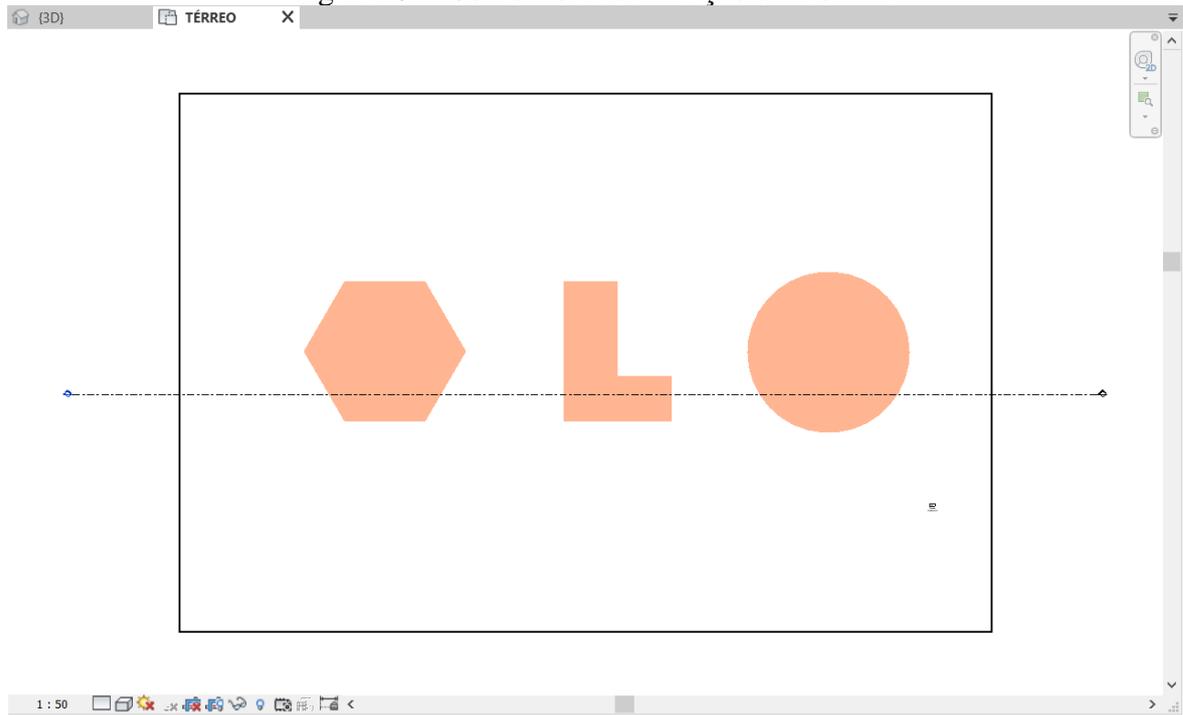
Figura 28 – Planta baixa e corte da edificação



Fonte – do autor.

A automatização do código dá preferência para edificações de forma retangular, mas como visto nas entrevistas, nos estudos de viabilidades os arquitetos também levam em consideração a possibilidade de a edificação tomar formas diversas, sejam elas circulares, em forma de “L”, ou outras diversas possibilidades. Assim, para contornar essa questão, foi adicionado no código um elemento a mão livre, no qual o operador pode, ainda no *Revit*, desenhar um contorno desejado, através de da ferramenta de regiões preenchidas, como mostra a Figura 29.

Figura 29 – Contorno da edificação à mão livre



Fonte – do autor.

Assim, através do conjunto de nós da Figura 30, é escolhida a opção da mão livre, marcando-se “True” no nó inicial, para levar em consideração apenas essa modalidade, além do nó que permite selecionar do *Revit* a figura desenhada anteriormente.

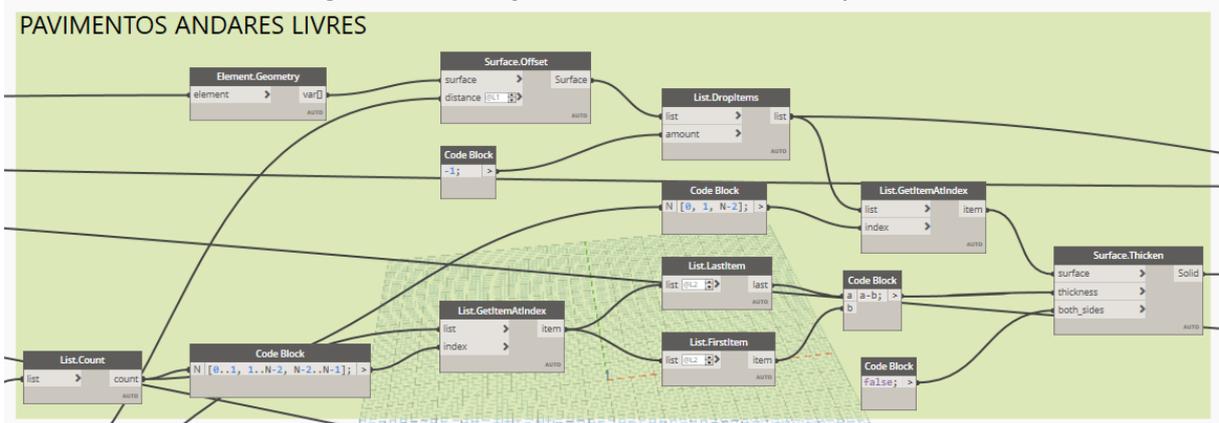
Figura 30 – Leitura da figura a mão livre - Dynamo



Fonte – do autor.

Como o desenho livre já leva em consideração a definição prévia da área por pavimento, a próxima etapa diz respeito à geração dos andares livres da edificação. Assim, diferente do método mostrado anteriormente, os pontos nas coordenadas X e Y já estão previamente definidos, bastando o conjunto de nós presente na Figura 31 a replicação no eixo Z, a partir do pé direito adotado.

Figura 31 – Criação dos andares livres - Dynamo



Fonte – do autor.

A etapa seguinte do processo à mão livre se trata de um recurso estético, apresentado na Figura 32, em relação a coloração da superfície de cada pavimento gerado anteriormente.

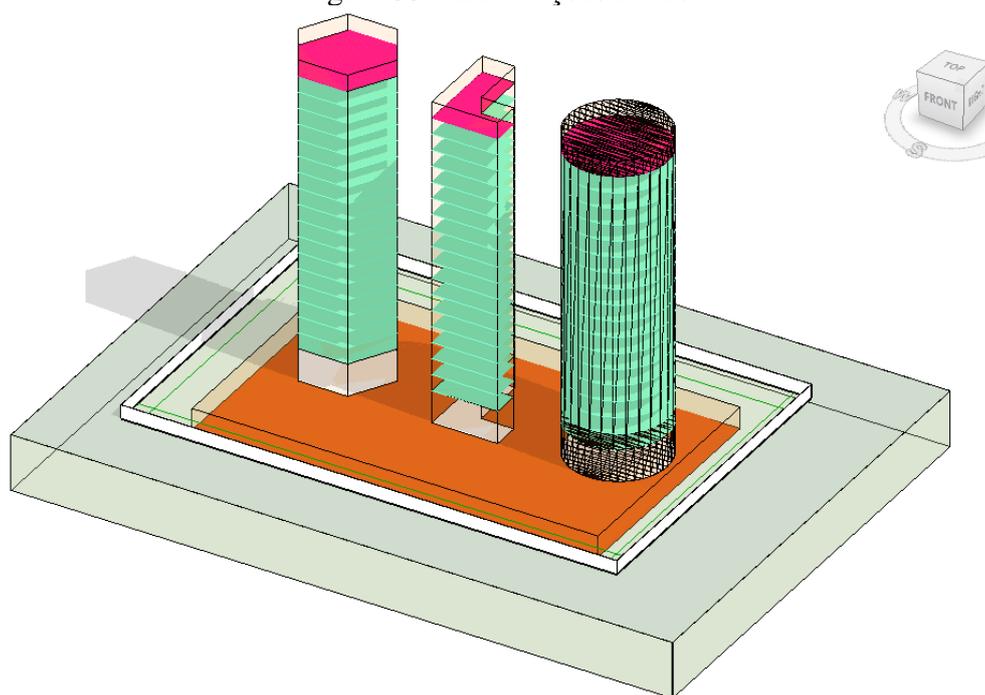
Figura 32 – Coloração da massa a mão livre - Dynamo



Fonte – do autor.

A partir desse ponto, a geração de massa final diz respeito ao mesmo conjunto de nós presente na Figura 19. Por fim, têm-se exemplos de resultados definidos, como mostra a Figura 33, que respeitam todos os mesmos parâmetros impostos pela legislação, como os recuos, áreas máximas de ocupação, permeabilidade e construção.

Figura 33 – Edificações à mão livre



Fonte – do autor.

4.3 Estudos de caso com a ferramenta

De acordo com os passos propostos no desenvolvimento do trabalho, após a conclusão preliminar do artefato, deve-se passar para a etapa de avaliação. Essa fase corresponde a simulações em casos reais de edifícios já existentes, ou com estudos de viabilidade já finalizados, e a avaliação da ferramenta por especialistas na área. Assim, caso seja solicitado pelos avaliadores, correções podem ser necessárias para a finalização do artefato.

4.3.1 Estudo de caso “A”

Com o fito de realizar a avaliação do código foi selecionado um caso real de uma edificação que já se encontra em fase de construção, ou seja, com estudo de viabilidade já finalizado. Trata-se de uma edificação multifamiliar de alto padrão que está sendo construída em um terreno de 1.514,70 m², possuindo cinco apartamentos por pavimento, com aproximadamente 48,29 m², localizado na cidade de Fortaleza (CE) e que tinha como objetivo aproveitar o máximo da área permitida. Os principais dados referentes ao projeto estudado podem ser observados no Quadro 13.

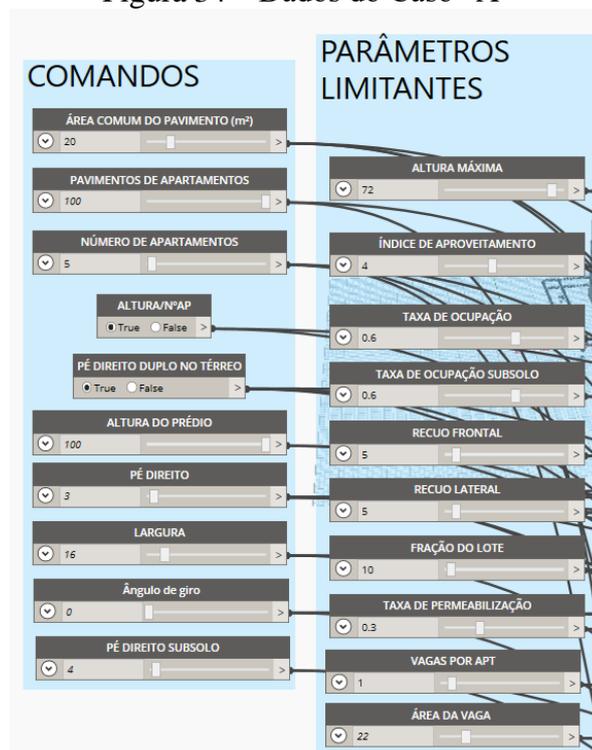
Quadro 13 – Informações do Caso “A”

INFORMAÇÕES GERAIS	
Área do Terreno (m ²)	1.514,70 m ²
TO - Taxa de Ocupação	60,0%
Taxa de Ocupação do subsolo	60,0%
Índice de Aproveitamento	4,00
Taxa de Permeabilidade	30,00%
Gabarito máximo	72,00 m
Fração do Lote	10,00
Recuo frontal (m)	5,00 m
Recuo lateral (m)	5,00 m
Número de torres	1
Número de pavimentos tipo	21
Número de apartamento por pavimento	5
Número total de apartamentos	105
Área média por apartamento (m ²)	48,29 m ²
Número de vagas por apartamento	1
Número de subsolos	2
Altura adotada (m)	72 m

Fonte – do autor.

Dessa forma, foram inseridos os dados referentes ao caso “A” no artefato desenvolvido, como pode ser observado na Figura 34.

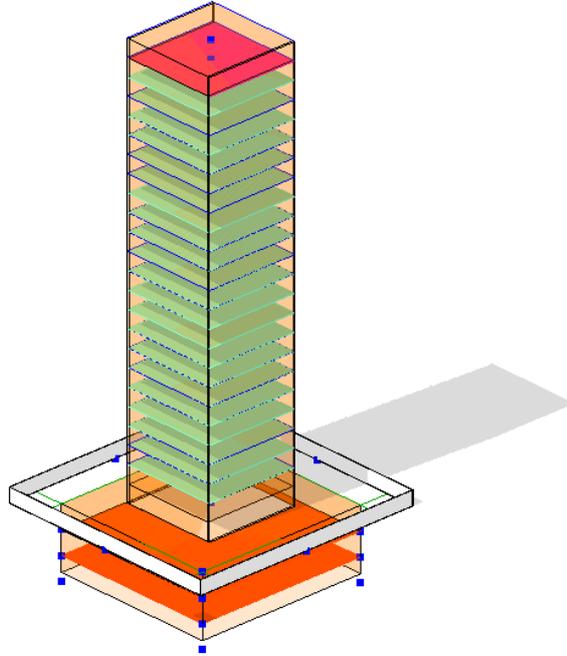
Figura 34 – Dados do Caso “A”



Fonte – do autor.

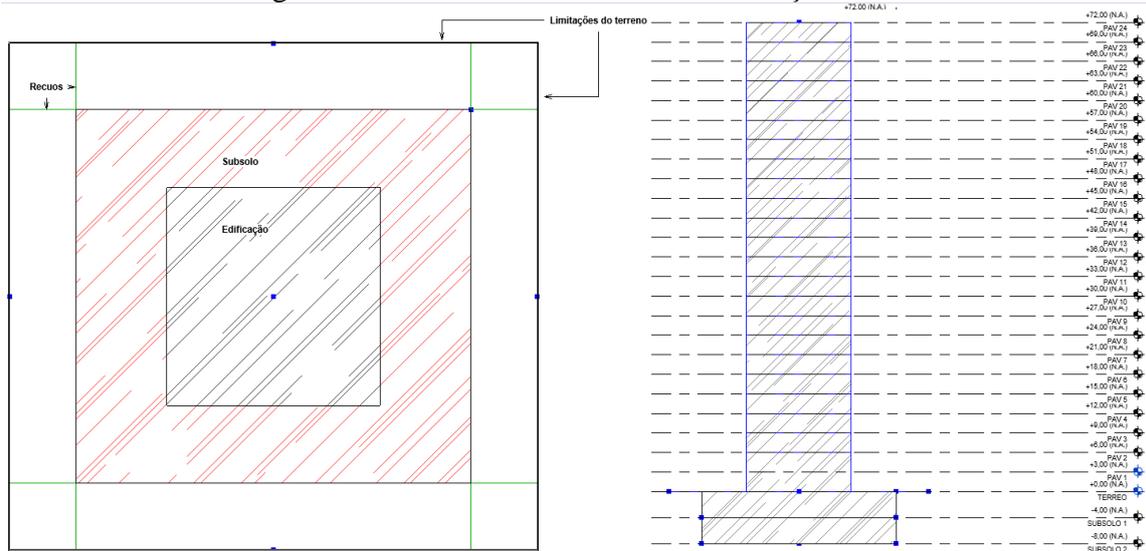
Com os dados inseridos, a ferramenta foi compilada, resultando na edificação que pode ser observada na Figura 35 e com um esboço da planta baixa e corte representados na Figura 36.

Figura 35 – Edificação do Caso “A”



Fonte – do autor.

Figura 36 – Planta baixa e corte da edificação do Caso “A”



Fonte – do autor.

Assim, a partir do estudo de massa gerado da edificação e das exigências urbanísticas impostas, foram preenchidas as informações da edificação e do subsolo, como se pode observar no Quadro 14.

Quadro 14 – Edificação e subsolo do Caso “A”

EDIFICAÇÃO	
Pavimentos de apartamentos:	21
Laje computável/Pavimento:	263,43 m ²
Circulação/pavimento:	15,00 m ²
Área Priv. computável/Pavto	263,43 m ²
Número de apartamentos por pavimento	5,00
Área Privativa por Unidade	49,69 m ²
Número total de apartamentos	105,0
Pé direito	3,00 m
Ângulo de giro	0°
Altura máxima adotada	72,00 m
SUBSOLO	
Vagas mínimas por apto:	1,00
Área de vagas (m ² /vaga):	20,00 m ²
Área necessária:	1.785,00 m ²
Pé direito do subsolo	4,00 m
Área adotada (área impermeável)	908,82 m ²
Núm. Subsolos necessária:	1,964085297
Núm. Subsolos adotado:	2,00

Fonte – do autor.

Com os dados preenchidos, por meio da massa gerada, pode-se iniciar o estudo de viabilidade financeiro da edificação. A primeira etapa consiste, como apontado anteriormente, na compilação dos valores de áreas reais e áreas equivalentes, como pode ser observado no Quadro 15.

Quadro 15 – Áreas do Caso “A”

CÁLCULO DE ÁREAS	Área	Coefficiente de Eq.	Área Equivalente
1º SUBSOLO	908,82 m ²	0,70	636,17 m ²
2º SUBSOLO	908,82 m ²	0,80	727,06 m ²
TÉRREO EXTERNO	1.251,27 m ²	0,70	875,89 m ²
TÉRREO INTERNO	263,43 m ²	1,10	289,77 m ²
TIPO	5.531,95 m ²	1,00	5.531,95 m ²
COBERTURA	263,43 m ²	1,00	263,43 m ²
Área Total Construída			9.127,71 m²
Área Construída - LUOS			6.058,80 m²
Área Equivalente - NBR 12721			8.324,26 m²

Fonte – do autor.

Assim, com o valor da área equivalente da edificação, adicionam-se os custos de construção paramétricos, o preço estimado de venda por metro quadrado, a taxa mínima de

atratividade adotada pelo incorporador e desenvolvem-se os cálculos financeiros referentes aos principais parâmetros, como apresentado no Quadro 16.

Quadro 16 – Estudo financeiro do Caso “A”

Custo de construção (R\$/m²)	R\$ 1.000,00		
Área vendável	5.531,95 m ²		
Valor de venda (R\$/m²)	R\$ 3.000,00		
Investimento Inicial para construção	R\$ 8.324.264,35		
Taxa Mínima de Atratividade (TMA) ao ano	10,00%		
Período (Ano)	Fluxo de Caixa	Valor Presente	VP Acumulado
0	-R\$ 8.324.264,35	-R\$ 8.324.264,35	-R\$ 8.324.264,35
1	R\$ 5.531.947,83	R\$ 5.029.043,48	-R\$ 3.295.220,87
2	R\$ 4.148.960,87	R\$ 3.428.893,28	R\$ 133.672,41
3	R\$ 2.765.973,91	R\$ 2.078.117,14	R\$ 2.211.789,55
4	R\$ 2.370.834,78	R\$ 1.619.312,06	R\$ 3.831.101,61
5	R\$ 1.778.126,09	R\$ 1.104.076,40	R\$ 4.935.178,01
Soma VPs (Ano 1 a 5)	R\$ 13.259.442,36		
VPL do Projeto	R\$ 4.935.178,01		
Taxa Interna de Retorno (TIR)	37,35%		
Índice de Lucratividade (IL)	1,59		
Tempo de Payback (anos)	1,96		

Fonte – do autor.

Portanto, de acordo com o desenvolvido pela ferramenta e os parâmetros financeiros adotados, pode-se perceber que a edificação possui potencial construtivo e de retorno financeiro positivo, pois possui uma TIR maior que a TMA exigida, o IL é maior que 1 e o tempo de Payback é menor que o tempo do fluxo de caixa, dentro da simulação realizada do mesmo. Além disso, ao comparar com os valores reais da edificação, é possível constatar que, de fato, o artefato, em termos de aproveitamento máximo, retornou valores similares aos que foram praticados na realidade, como comparado pelo Quadro 17.

Quadro 17 – Comparação do Caso “A” – Real e Artefato

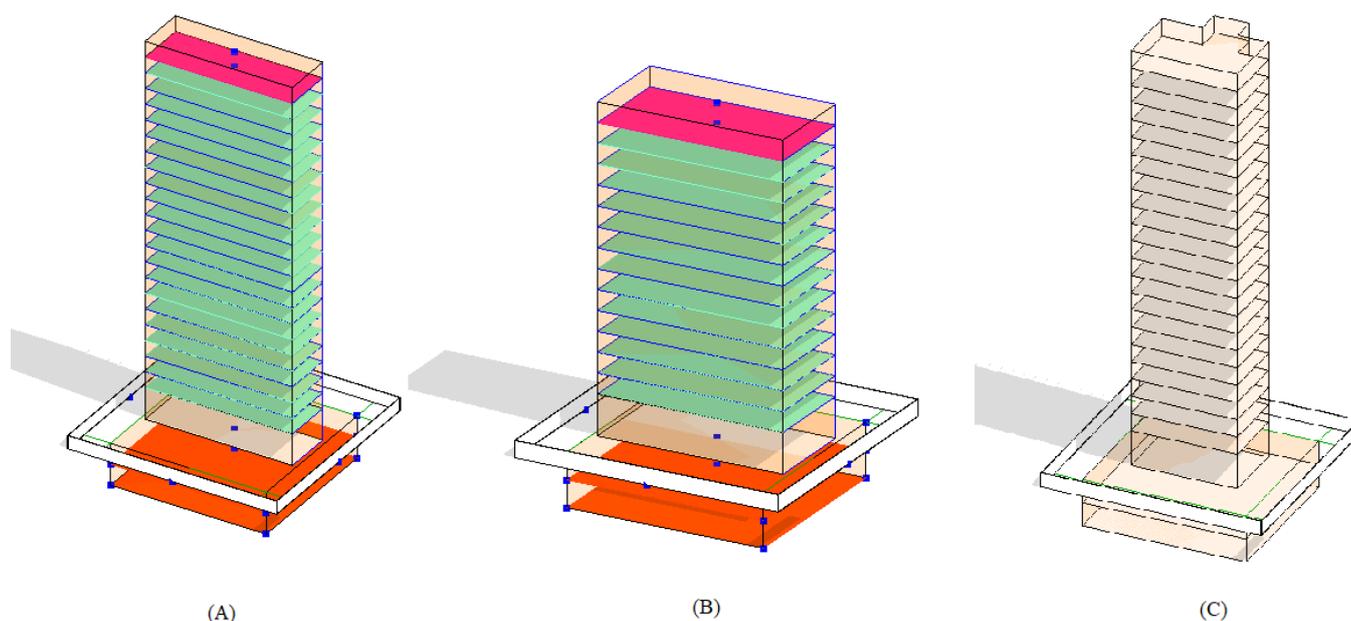
COMPARAÇÃO:	Real	Artefato
Número de pavimentos tipo	21	21
Número de apartamento por pavimento	5	5
Número total de apartamentos	105	105
Área média por apartamento (m²)	48,29 m ²	49,69 m ²
Número de vagas por apartamento	1	1
Número de subsolos	2	2
Altura adotada (m)	72 m	72 m

Fonte – do autor.

A maior diferença encontrada encontra-se no valor da área dos apartamentos. Essa diferença pode ser explicada por dois motivos: o primeiro se concentra na utilização de mais de um tipo de apartamento na edificação real, existindo os modelos A, B e C, com áreas levemente diferentes, enquanto o artefato possui a limitação de adotar apenas um padrão de apartamento. O segundo motivo trata-se da possível diferença entre as áreas comuns adotadas por pavimento, pois elas não foram especificadas nos dados fornecidos do caso real e do valor arbitrário adotado pelo artefato.

Por fim, a Figura 37 apresenta outras possibilidades de edificação que, de acordo com o método desenvolvido, também apresenta os mesmos resultados máximos exigido pelo incorporador que realizou o estudo de viabilidade real da edificação e também atendem aos parâmetros financeiros, com resultados positivos e que indicam a viabilidade, ficando a escolha de qual tipologia seguir a cargo do incorporador.

Figura 37 – Alternativas do Caso “A”



Fonte – do autor.

4.3.2 Validação e melhorias do artefato

Esta etapa teve como objetivo verificar o quão aplicável e próximo da metodologia real a ferramenta se encontrava, além de coletar sugestões e melhorias para o modelo. Dessa forma, o caso “A” supracitado foi apresentado para dois especialistas na área de estudos de viabilidade. Se tratava de dois profissionais com mais de 15 anos de experiência no mercado de

construção e elaboração de estudos de viabilidade de empreendimentos imobiliários em Fortaleza (CE).

Destarte, a apresentação iniciou com a explanação dos principais objetivos da pesquisa e de como foi elaborada a metodologia apresentada. Assim, foi explicado cada etapa do código aos especialistas, apontando como cada item se relacionava com a literatura e com o resultado das entrevistas realizadas. Depois, iniciou-se, partindo das entradas do artefato zerada, o processo de trabalho utilizando a ferramenta, demonstrando sua usabilidade e agilidade, e como o resultado da massa da edificação se relaciona, de maneira automática, à planilha de apresentação de dados, de resultados e de estudo financeiro. Por fim, foram simulados diversos outros cenários, a pedido dos especialistas, para demonstrar a fluidez e flexibilidade do código.

Assim, o resultado final da validação dos especialistas pode ser observado no Quadro 18, a seguir.

Quadro 18 – Validação do artefato pelos especialistas

VALIDAÇÃO DO ARTEFATO	
Especialista A	Validado, mas com ressalvas - Áreas comuns.
Especialista B	Validado, mas com ressalvas - Outorga onerosa.

Fonte – do autor.

A partir do que foi abordado pelos especialistas, pode-se concluir que ambos ficaram satisfeitos com a usabilidade do artefato, principalmente pela grande agilidade e flexibilidade de uso, sendo possível realizar diversas simulações diferentes em pouco tempo, mostrando as diferenças financeiras que essas diversas mudanças podem causar, o que daria uma maior margem de confiança nos estudos de viabilidade caso fossem feitos com ferramentas similares.

Entretanto, para ambos, não era possível afirmar que o código se adequa de maneira perfeita a realidade dos estudos de viabilidade de empreendimentos imobiliários, pois existem algumas limitações e fatores que não foram levados em consideração que deveriam ser trabalhados e desenvolvidos para o pleno e ideal funcionamento do artefato, adequando-o ao dia-a-dia dos incorporadores, construtores e arquitetos.

Assim, para o Especialista A, utilizar valores arbitrários de áreas comuns nos pavimentos tipo poderia estar reduzindo, ou aumento, as reais áreas privativas dos apartamentos, uma vez que, durante as simulações, esses valores não eram alterados entre tipologias, ou eram mudados manualmente. Para o avaliador, as áreas comuns deveriam ser tratadas como porcentagens, variando de acordo com a quantidade de apartamentos que se

deseja por pavimento. Foi apontado que, infelizmente, essas proporções, de fato, não existem na literatura, não sendo possível arbitrar nenhum valor a elas. Assim, essas porcentagens são, de acordo com o especialista, fruto da experiência e incorporadores e arquitetos ao longo de anos de construção de estudos de viabilidade.

Dessa forma, para a complementação do trabalho e para atender o pedido do Especialista A, foram levantados dados junto ao Incorporador A, um dos entrevistados anteriormente no desenvolvimento da metodologia, da proporção histórica utilizada pelo mesmo nas suas últimas obras. Assim, esses valores podem ser visualizados na Tabela 1.

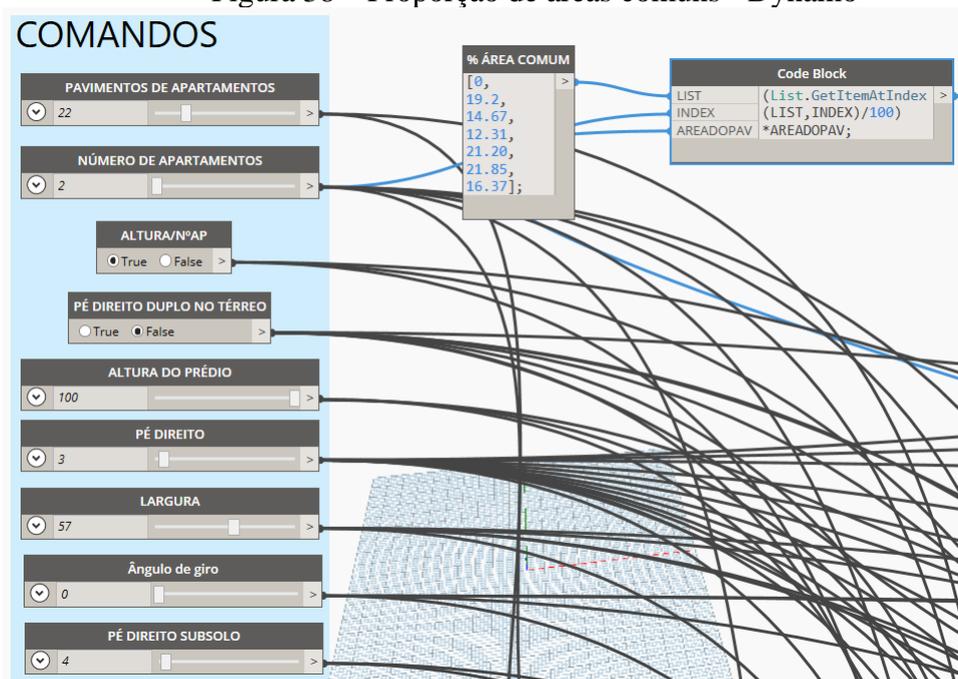
Tabela 1 – Porcentagem das áreas comuns de acordo com o número de apartamentos

Quantidade de apartamentos por andar	Porcentagem de área comum por andar	Média de área comum por quantidade de apartamento	
1	20,62%	1	19,20%
1	20,81%	2	14,67%
1	18,40%	3	12,31%
1	16,95%	4	21,20%
2	15,07%	5	21,85%
2	14,26%	6 ou mais	16,37%
2	20,26%		
2	12,82%		
2	11,78%		
2	15,08%		
2	16,46%		
2	13,63%		
2	12,66%		
3	12,31%		
4	18,43%		
4	22,36%		
4	22,80%		
5	21,85%		
6	16,37%		

Fonte – do autor.

Com os dados levantados, foi desenvolvido um conjunto de nós, apresentados na Figura 38, alterando os nós da Figura 20. Assim, o conjunto de comando auxiliar, onde antes constava um valor fixo, modificado manualmente, de área comum, possui agora um nó de teste, aplicando o respectivo valor percentual para a quantidade de unidades definidas, seguindo as porcentagens na Tabela 1.

Figura 38 – Proporção de áreas comuns - Dynamo



Fonte – do autor.

Para o Especialista B, além das áreas comuns, um fator muito importante que deveria ser adotado no artefato refere-se ao uso de Outorgas Onerosas. Para ele, as outorgas não são utilizadas, de fato, para empreendimentos menores ou mais simples, mas que, em Fortaleza (CE), estão se tornando comuns para grandes empreendimentos de alto padrão, na qual se pretende investir um alto valor financeiro. Assim, de acordo com o avaliador, a adição desse ponto no artefato de estudos de viabilidade pode torna-lo mais adequado ao método aplicado no mercado.

Assim, de acordo com Lei de Uso e Ocupação do Solo do município de Fortaleza (FORTALEZA, 2015) a Outorga Onerosa do Direito de Construir é a autorização que o Município dá para construção acima do coeficiente de aproveitamento básico até o coeficiente de aproveitamento máximo, mediante o pagamento de contrapartida pelo beneficiário. Ou seja, significa ultrapassar alguns coeficientes e limitações urbanísticas impostas pela legislação, por meio de um pagamento referente a esse adicional. Por exemplo, para um terreno de 1000 m², com o Índice de Aproveitamento 2, é possível construir 2000 m². Através da Outorga, pode-se pagar para possuir um IA de 3, aumentando a área para 3000 m².

Para o Especialista B, os principais parâmetros utilizados nas Outorgas Onerosas, em geral, no mercado são: Índice de Aproveitamento, Recuos, Taxa de Permeabilidade, Taxa de Ocupação e Gabarito da edificação.

Assim, segundo consta no site da Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente (SEUMA) da cidade de Fortaleza (CE), as fórmulas para calcular as Outorgas Onerosas se encontram a seguir:

$$OUT \text{ do } \acute{I}ncide \text{ de Aproveitamento} = \frac{(I_{apre} - I_{ab}) \times F_p \times VV_p \times AT}{I_{ab}} \quad (9)$$

Onde:

I_{aproj} = Índice pretendido;

I_{ab} = Índice básico;

F_p = Fator de planejamento;

VV_p = Valor de venda base por m²;

AT = Área total do lote em m².

$$OUT \text{ dos Recuos} = ACOM \times VTV \quad (1)$$

Onde:

$ACOM$ = Área complementar para suprir os recuos em m²;

VTV = Valor do metro quadrado virtual.

$$OUT \text{ da Tx. de Permeabilidade} = \left(\frac{1 - T_{pproj}}{((1 - TP) - 1)} \right) \times M \times AT \times VTV \quad (2)$$

Onde:

TP_{proj} = Taxa de permeabilidade pretendida em projeto;

TP = Taxa de permeabilidade estabelecida pela LUOS;

M = Multiplicador (depende da taxa de permeabilidade);

AT = Área total do terreno;

VTV = Valor do metro quadrado virtual.

$$OUT \text{ da Taxa de Ocupação} = \left(\left(\frac{T_{Oproj}}{TO} \right) - 1 \right) \times AT \times VTV \quad (3)$$

Onde:

TO_{proj} = Taxa de ocupação pretendida em projeto;

TO = Taxa de ocupação estabelecida pela LUOS;

AT = Área total do terreno;

VTV = Valor do metro quadrado virtual.

$$OUT \text{ do Gabarito Máximo} = \frac{((0.25 \times AC1) + AC2) \times VTV}{IAB} \quad (4)$$

Onde:

AC1 = Área comutável contida no gabarito máximo;

AC2 = Área acima do gabarito excedente do gabarito máximo;

IAB = Índice de aproveitamento básico estabelecido pela LUOS;

VTV = Valor do metro quadrado virtual.

Por fim, calcula-se o valor da contrapartida financeiro final (VEP) das Outorgas Onerosas a partir da seguinte fórmula.

$$VEP = (Maior Outorga + 0,25 \times (\text{Somatório das Outorgas})) \times 0,6 \quad (5)$$

Para adicionar essa etapa no fluxo de trabalho, adicionaram-se as fórmulas na planilha de cálculo financeiro, de acordo com o Quadro 19 que apresenta um exemplo de aplicação, no qual o valor final (VEP) é adicionado ao custo de construção para dar prosseguimento ao estudo de viabilidade financeiro.

Quadro 19 – Exemplo genérico de Outorgas Onerosas

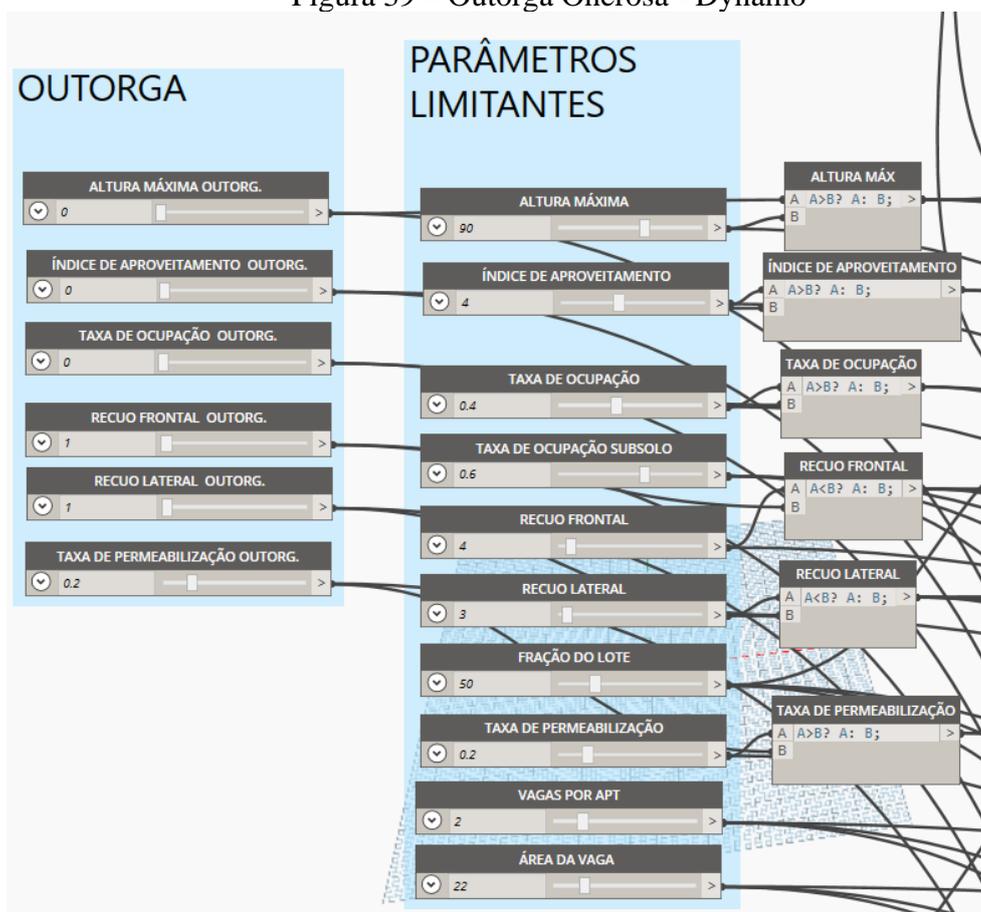
OUTORGA ONEROSA	
Índice de aproveitamento	R\$ 4.308.480,00
Recuos	R\$ -
Taxa de permeabilidade	R\$ -
Taxa de ocupação	R\$ -
Gabarito máximo	R\$ 5.760.000,00
Contra partida final	R\$ 4.102.272,00

Fonte – do autor.

Foi necessário, da mesma forma das áreas comuns, à adaptação do código para a utilização da Outorga Onerosa. Assim, o primeiro passo, representado pela Figura 39, trata-se da adição de um conjunto de nós, nos quais o operador deve adicionar, ou não, os valores desejados para a Outorga. Dessa forma, o código passa a comparar os valores originais dos parâmetros limitantes e definidores da edificação com os valores outorgados, escolhendo o

valor para ser adotado na geração da massa do prédio. O oposto ocorre apenas em relação aos recuos, pois valores menores significam um maior aproveitamento de área. Essa operação é realizada por nós individuais para cada parâmetro, como pode ser observado na direita da figura 39.

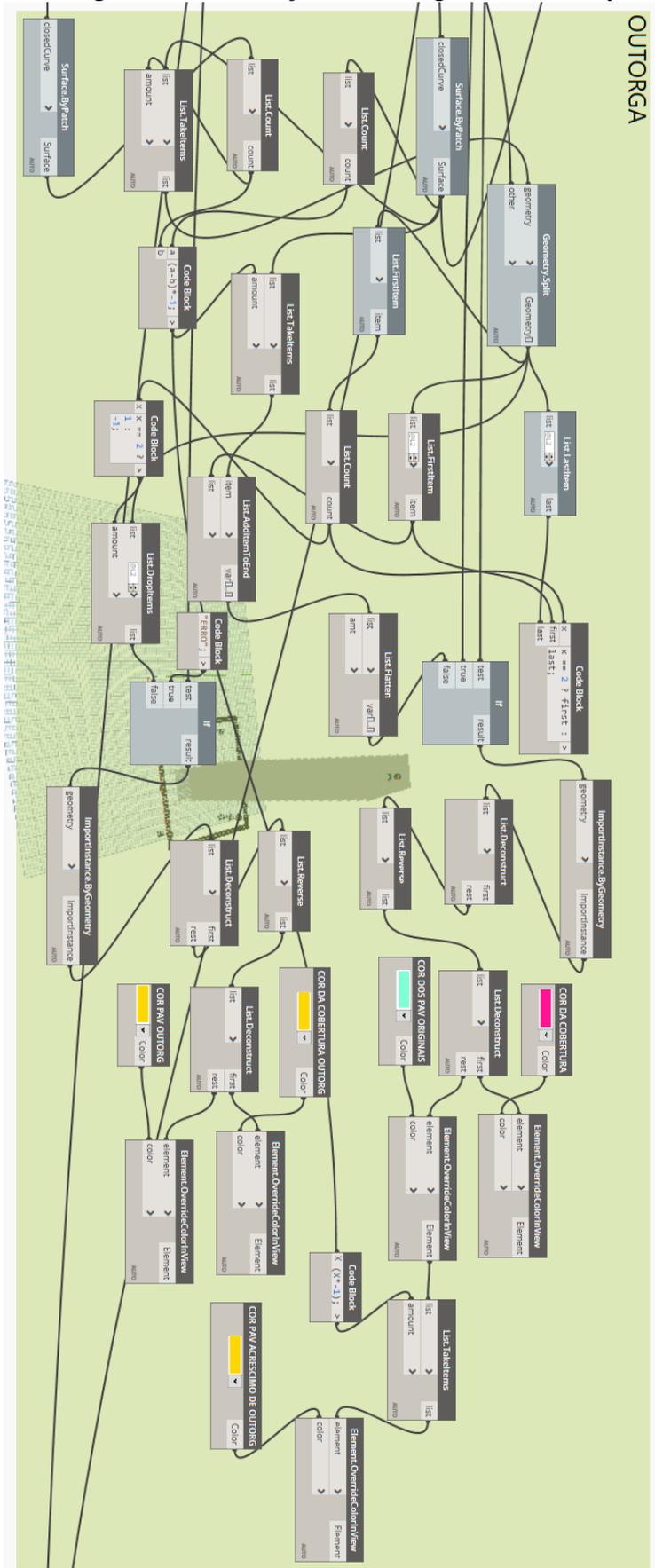
Figura 39 – Outorga Onerosa - Dynamo



Fonte – do autor.

Para fins visuais, foi elaborado o conjunto de nós representados pela Figura 40, o qual busca realizar uma separação entre a coloração da edificação no seu formato original e a nova área acrescida graças a Outorga. Dessa forma, esses nós comparam os valores dos parâmetros definidores e faz a comparação entre os cinco itens adotados: altura máxima, taxa de permeabilidade, taxa de ocupação, recuos e índice de aproveitamento. Se alguma Outorga for identificada, a diferença a mais de área é colorida de amarelo.

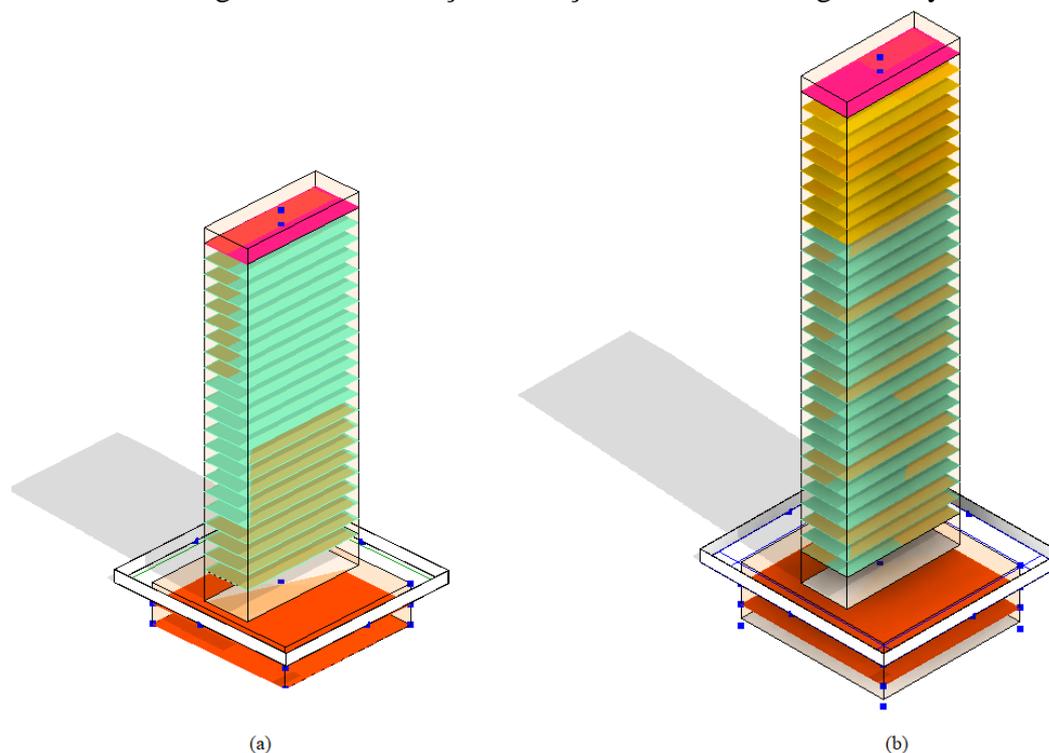
Figura 40 – Coloração da Outorga Onerosa - Dynamo



Fonte – do autor.

Assim, a diferença visual entre a edificação normal e a edificação com os acréscimos da Outorga pode ser visualizada na Figura 41. O caso original trata-se de uma edificação com 72 metros de gabarito máximo e índice de aproveitamento igual a 4. A Outorga eleva os valores para 100 metros e 5 de índice, resultando em uma quantidade a mais de andares, representados em amarelo.

Figura 41 – Diferença edificação normal e Outorgada - Dynamo



Fonte – do autor.

4.3.3 Estudo de caso “B”

Para demonstrar, por fim, o artefato atualizado, foi selecionado outro caso real de uma edificação que também já se encontra em fase de construção, ou seja, já possuía estudo de viabilidade finalizado. Trata-se de uma edificação residencial multifamiliar de alto padrão que está sendo construída em um terreno de 3.960 m², possuindo dois apartamentos por pavimento, de aproximadamente 160 m², localizado na cidade de Fortaleza (CE) e que tinha como objetivo aproveitar o máximo da área permitida. Além disso, os incorporadores optaram por adquirir duas outorgas: aumentar o Gabarito máximo para ganhar mais 21 pavimentos e subir o Índice de Aproveitamento de 2,5 para 3,18. Os principais dados referentes ao projeto estudado podem ser observados no Quadro 20.

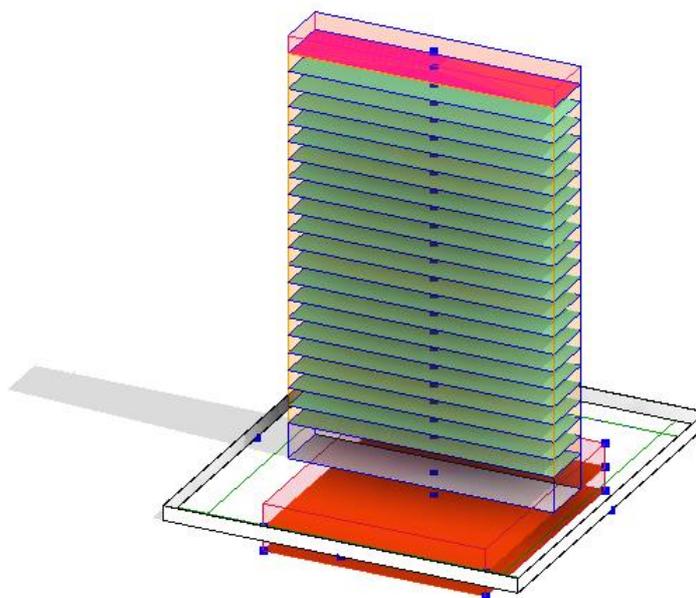
Quadro 20 – Informações do Caso “B” – Sem Outorga

INFORMAÇÕES GERAIS	
Área do Terreno (m ²)	3960,00 m ²
TO - Taxa de Ocupação	40,0%
Taxa de Ocupação do subsolo	40,0%
Índice de Aproveitamento	2,5
Taxa de Permeabilidade	30,00%
Gabarito máximo	72,00 m
Fração do Lote	10,00
Recuo frontal (m)	5,00 m
Recuo lateral (m)	5,00 m
Número de torres	1
Número de pavimentos tipo	21
Número de apartamento por pavimento	2
Número total de apartamentos	42
Área média por apartamento (m ²)	160,00 m ²
Número de vagas por apartamento	2
Número de subsolos	2
Altura adotada (m)	72 m

Fonte – do autor.

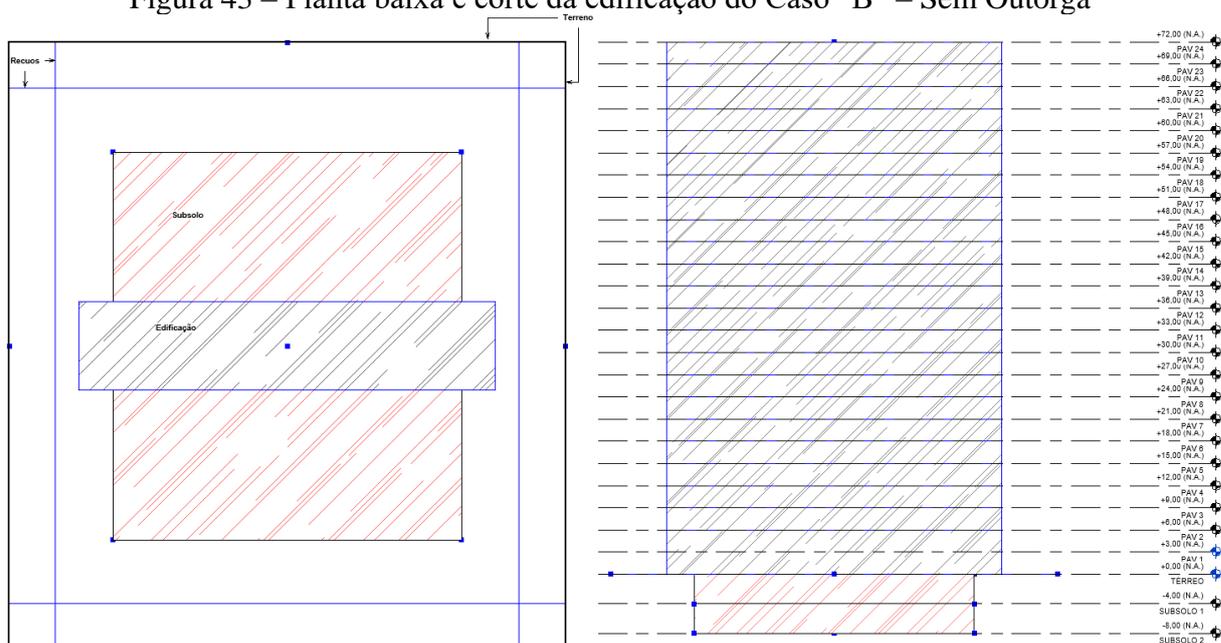
Com os dados inseridos, a ferramenta foi compilada, resultando na edificação que pode ser observada na Figura 42 e com a planta baixa e corte representados na Figura 43

Figura 42 – Edificação do Caso “B” – Sem Outorga



Fonte – do autor.

Figura 43 – Planta baixa e corte da edificação do Caso “B” – Sem Outorga



Fonte – do autor.

Assim, a partir do estudo de massa da edificação e das exigências urbanísticas impostas, foram preenchidas as informações da edificação e do subsolo, como se pode observar no Quadro 21.

Quadro 21 – Edificação e subsolo do Caso “B” – Sem Outorga

EDIFICAÇÃO	
Pavimentos de apartamentos:	21
Laje computável/Pavimento:	430,43 m ²
Circulação/pavimento:	63,14 m ²
Área Priv. computável/Pavto	430,43 m ²
Número de apartamentos por pavimento	2,00
Área Privativa por Unidade	183,65 m ²
Número total de apartamentos	42,0
Pé direito	3,00 m
Térreo - pé direito duplo	VERDADEIRO
Ângulo de giro	0°
Altura máxima adotada	72,00 m
SUBSOLO	
Vagas mínimas por apto:	2,00
Área de vagas (m ² /vaga):	22,00 m ²
Área necessária:	1.848,00 m ²
Área adotada (área impermeável)	1.584,00 m ²
Núm. Subsolos necess.:	1,166666667
Núm. Subsolos adotado:	2,00

Fonte – do autor.

Com os dados preenchidos, por meio do estudo gerado, pôde-se iniciar o estudo de viabilidade financeiro da edificação. A primeira etapa consistiu na compilação dos valores de áreas reais e áreas equivalentes, como pode ser observado no Quadro 22.

Quadro 22 – Áreas do Caso “B” – Sem Outorga

CÁLCULO DE ÁREAS	Área	Coefficiente de Eq.	Área Equivalente
1º SUBSOLO	1.584,00 m ²	0,70	1.108,80 m ²
2º SUBSOLO	1.584,00 m ²	0,80	1.267,20 m ²
3º SUBSOLO	0,00 m ²	0,90	0,00 m ²
4º SUBSOLO	0,00 m ²	1,00	0,00 m ²
TÉRREO EXTERNO	3.529,57 m ²	0,70	2.470,70 m ²
TÉRREO INTERNO	430,43 m ²	1,10	473,48 m ²
TIPO	9.039,13 m ²	1,00	9.039,13 m ²
COBERTURA	430,43 m ²	1,00	430,43 m ²
Área Total Construída			16.597,57 m²
Área Construída - LUOS			9.900,00 m²
Área Equivalente - NBR 12721			14.789,74 m²

Fonte – do autor.

Assim, adicionaram-se os custos de construção, o preço estimado de venda por metro quadrado, a taxa mínima de atratividade adotada pelo incorporador e desenvolveram-se os cálculos financeiros referentes aos principais parâmetros, como apresentado no Quadro 23.

Quadro 23 – Estudo financeiro do Caso “B” – Sem Outorga

Área equivalente total de construção	14.359,30 m ²		
Custo de construção R\$/m²	R\$ 1.750,00		
Área vendável	9.039,13 m ²		
Valor de venda R\$/m²	R\$ 4.000,00		
Investimento Inicial para construção	R\$ 25.128.782,61		
Taxa Mínima de Atratividade (TMA)	10,00%		
Período (Ano)	Fluxo de Caixa	Valor Presente	VP Acumulado
0	-R\$ 25.128.782,61	-R\$ 25.128.782,61	-R\$ 25.128.782,61
1	R\$ 10.330.434,29	R\$ 9.391.303,90	-R\$ 15.737.478,71
2	R\$ 8.034.782,22	R\$ 6.640.315,89	-R\$ 9.097.162,83
3	R\$ 5.165.217,14	R\$ 3.880.704,09	-R\$ 5.216.458,74
4	R\$ 3.013.043,33	R\$ 2.057.949,14	-R\$ 3.158.509,60
5	R\$ 2.746.583,72	R\$ 1.705.412,40	-R\$ 1.453.097,20
Soma VPs (Ano 1 a 5)	R\$ 23.675.685,41		
VPL do Projeto	-R\$ 1.453.097,20		
Taxa Interna de Retorno (TIR)	7,03%		
Índice de Lucratividade (IL)	0,94		
Tempo de Payback (anos)	Projeto Inviável		

Fonte – do autor.

Portanto, de acordo com o desenvolvido pela ferramenta e os parâmetros financeiros adotados, pôde-se perceber que a edificação não possuía uma viabilidade adequada e com retorno financeiro positivo, pois possui uma TIR menor que a TMA exigida, o IL é menor que 1 e o tempo de Payback indica inviabilidade, dentro da simulação realizada do mesmo. Assim, para tornar o projeto viável, buscou-se adquirir as Outorgas de gabarito e IA, com o intuito de aumentar o número de unidades disponíveis para venda, permitindo que o resultado seja maior que o gasto com as outorgas. As novas informações do projeto podem ser verificadas no Quadro 24.

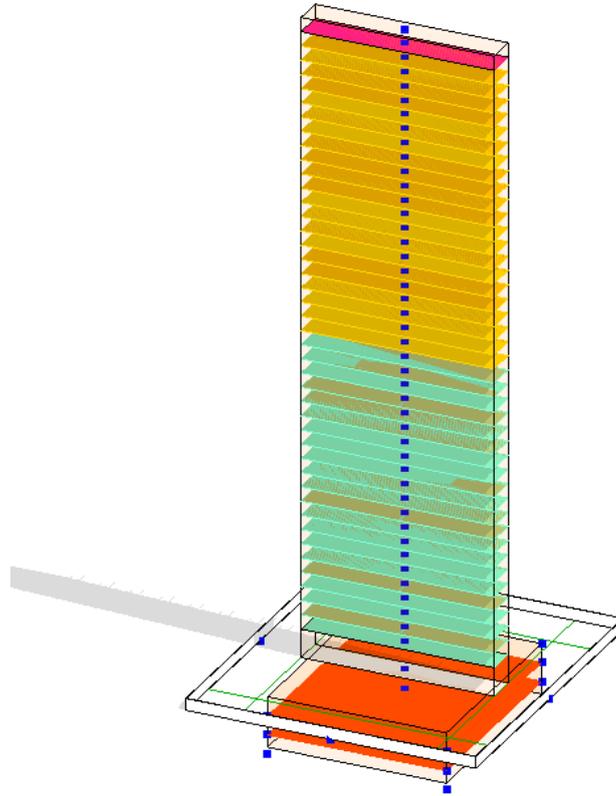
Quadro 24 – Informações do Caso “B” – Com Outorga

INFORMAÇÕES GERAIS	
Área do Terreno (m²)	3960,00 m ²
TO - Taxa de Ocupação	40,0%
Taxa de Ocupação do subsolo	40,0%
Índice de Aproveitamento	3,18
Taxa de Permeabilidade	30,00%
Gabarito máximo	135,00 m
Fração do Lote	10,00
Recuo frontal (m)	5,00 m
Recuo lateral (m)	5,00 m
Número de torres	1
Número de pavimentos tipo	42
Número de apartamento por pavimento	2
Número total de apartamentos	84
Área média por apartamento (m²)	130,00 m ²
Número de vagas por apartamento	2
Número de subsolos	3
Altura adotada (m)	126 m

Fonte – do autor.

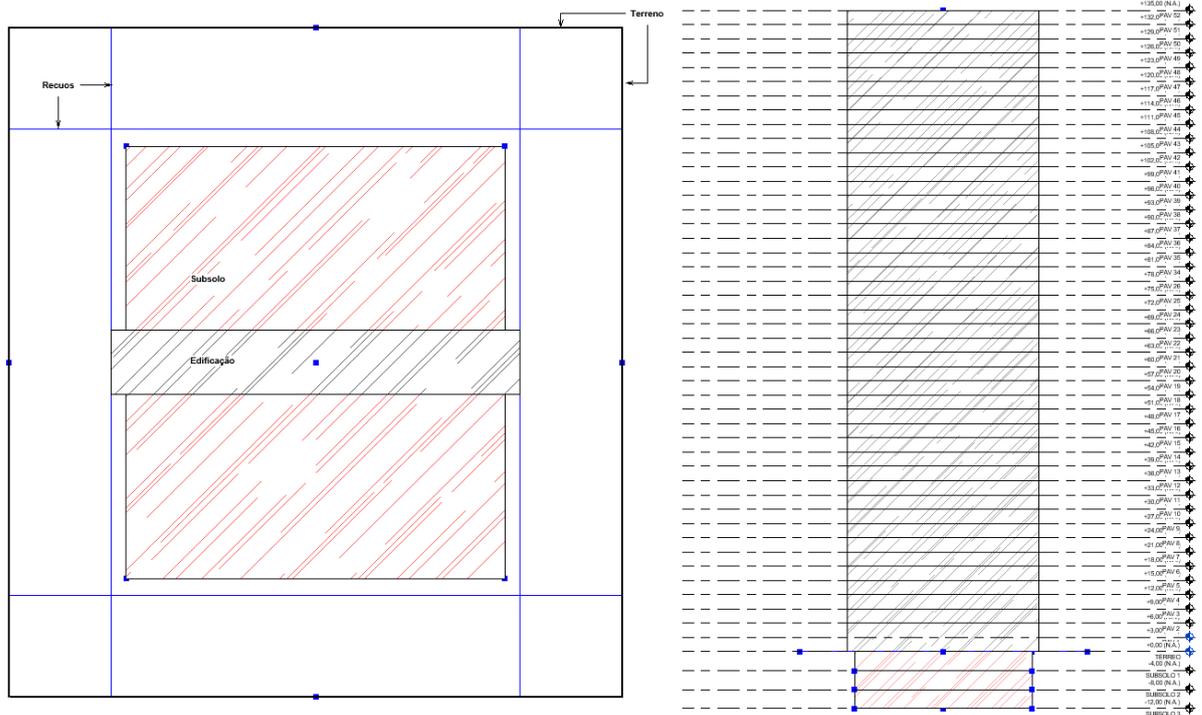
Assim, as alterações da edificação proporcionadas pelas Outorgas podem ser observadas na Figura 44 e com a planta baixa e corte representados na Figura 45.

Figura 44 – Edificação do Caso “B” – Com Outorga



Fonte – do autor.

Figura 45 – Planta baixa e corte da edificação do Caso “B” – Com Outorga



Fonte – do autor.

A partir do estudo de massa gerada da edificação com as Outorgas, foi preenchido as informações da edificação e do subsolo, como se pode observar no Quadro 25.

Quadro 25 – Edificação e subsolo do Caso “B” – Com Outorga

EDIFICAÇÃO	
Pavimentos de apartamentos:	42
Laje computável/Pavimento:	286,20 m ²
Circulação/pavimento:	41,99 m ²
Área Priv. computável/Pavto	286,20 m ²
Número de apartamentos por pavimento	2,00
Área Privativa por Unidade	122,11 m ²
Número total de apartamentos	84,0
Pé direito	3,00 m
Térreo - pé direito duplo	VERDADEIRO
Ângulo de giro	0°
Altura máxima adotada	135,00 m
SUBSOLO	
Vagas mínimas por apto:	2,00
Área de vagas (m²/vaga):	22,00 m ²
Área necessária:	3.696,00 m ²
Pé direito do subsolo	4,00 m
Área adotada (área impermeável)	1.584,00 m ²
Núm. Subsolos necess.:	2,333333333
Núm. Subsolos adotado:	3,00

Fonte – do autor.

Com os dados preenchidos, por meio da massa gerada, pode-se iniciar o estudo de viabilidade financeiro da edificação, como pode ser observado no Quadro 26.

Quadro 26 – Áreas do Caso “B” – Com Outorga

CÁLCULO DE ÁREAS	Área	Coefficiente de Eq.	Área Equivalente
1° SUBSOLO	1.584,00 m ²	0,70	1.108,80 m ²
2° SUBSOLO	1.584,00 m ²	0,80	1.267,20 m ²
3° SUBSOLO	1.584,00 m ²	0,90	1.425,60 m ²
4° SUBSOLO	0,00 m ²	1,00	0,00 m ²
TÉRREO EXTERNO	3.673,80 m ²	0,70	2.571,66 m ²
TÉRREO INTERNO	286,20 m ²	1,10	314,82 m ²
TIPO	12.020,40 m ²	1,00	12.020,40 m ²
Área Total Construída			20.732,40 m²
Área Construída - LUOS			12.306,60 m²
Área Equivalente - NBR 12721			18.708,48 m²

Fonte – do autor.

Assim, com o valor da área equivalente da edificação, adicionam-se os custos de construção parametrizados, os valores referentes a Outorgas (135 metros de Gabarito e 3,18 de Índice de Aproveitamento), o preço estimado de venda por metro quadrado, a taxa mínima de atratividade adotada pelo incorporador e desenvolvem-se os cálculos financeiros referentes aos principais parâmetros, como apresentado no Quadro 27.

Quadro 27 – Estudo financeiro do Caso “B” – Com Outorga

OUTORGA ONEROSA			
Índice de aproveitamento	R\$ 3.168.000,00		
Recuos	R\$ -		
Taxa de permeabilidade	R\$ -		
Taxa de ocupação	R\$ -		
Gabarito máximo	R\$ 4.464.720,00		
Contra partida final das Outorgas	R\$ 3.154.032,00		
Área equivalente total de construção	18.708,48 m ²		
Custo de construção R\$/m²	R\$ 1.750,00		
Área vendável	12.020,40 m ²		
Valor de venda R\$/m²	R\$ 4.000,00		
Custo de construção	R\$ 32.739.840,00		
Investimento (Custo + Outorgas)	R\$ 35.893.872,00		
Taxa Mínima de Atratividade (TMA)	10,00%		
Período (Ano)	Fluxo de Caixa	Valor Presente	VP Acumulado
0	-R\$ 35.893.872,00	-R\$ 35.893.872,00	-R\$ 35.893.872,00
1	R\$ 16.027.200,00	R\$ 14.570.181,82	-R\$ 21.323.690,18
2	R\$ 12.020.400,00	R\$ 9.934.214,88	-R\$ 11.389.475,31
3	R\$ 8.013.600,00	R\$ 6.020.736,29	-R\$ 5.368.739,02
4	R\$ 6.868.800,00	R\$ 4.691.482,82	-R\$ 677.256,20
5	R\$ 5.151.600,00	R\$ 3.198.738,29	R\$ 2.521.482,09
Soma VPs (Ano 1 a 5)	R\$ 38.415.354,09		
VPL do Projeto	R\$ 2.521.482,09		
Taxa Interna de Retorno (TIR)	13,38%		
Índice de Lucratividade (IL)	1,07		
Tempo de Payback (anos)	4,21		

Fonte – do autor.

Portanto, de acordo com o desenvolvido pela ferramenta e os parâmetros financeiros adotados, pode-se perceber que a edificação possui viabilidade econômico-financeira e com retorno financeiro positivo utilizando as duas Outorgas escolhidas. Assim, diferentemente do caso sem adições, essa segunda aplicação possui uma TIR maior que a TMA exigida, o IL é maior que 1 e o tempo de Payback é menor que o tempo do fluxo de caixa, dentro da simulação realizada do mesmo. Dessa forma, foi possível observar que, nesse caso

em específico, a compra de Outorgas Onerosas foi benéfica para a edificação, pois o valor gasto, no final, foi menor que o lucro produzido, tornando a edificação que antes não tinha potencial em viável.

Ao comparar com os valores reais da edificação, é possível constatar que, novamente, o artefato, em termos de aproveitamento máximo, retornou valores similares aos que foram praticados na realidade, como comparado pelo Quadro 28.

Quadro 28 – Comparação do Caso “B” – Real e Artefato (Outorga)

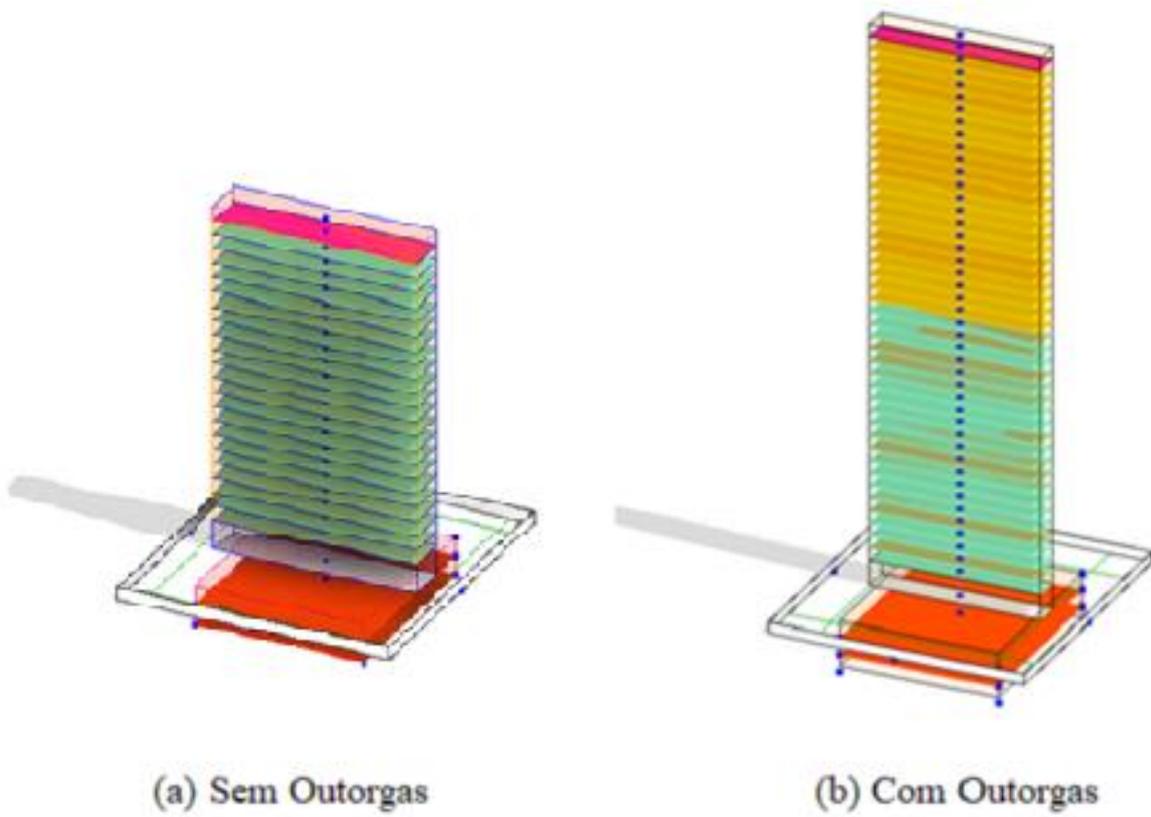
COMPARAÇÃO:	Real	Artefato
Número de pavimentos tipo	42	42
Número de apartamento por pavimento	2	2
Número total de apartamentos	84	84
Área média por apartamento (m²)	130,00 m ²	122,11 m ²
Número de vagas por apartamento	5	5
Número de subsolos	3	3
Altura adotada (m)	135 m	135 m

Fonte – do autor.

A maior diferença observada encontra-se no valor da área dos apartamentos. Essa diferença pode ser explicada pela diferença entre as áreas comuns adotadas por pavimento, pois elas podem se encontrar em uma exceção aos dados utilizados para porcentagem entre áreas comuns e áreas privativas adotadas no artefato.

Por fim, a Figura 46 apresenta a diferença visual entre a utilização, ou não, da Outorga Onerosa no caso “B”, ficando evidente o grande impacto que essas adições podem proporcionar na edificação.

Figura 46 – Diferença edificação normal e Outorgada – Caso “B”



Fonte – do autor.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos de viabilidade são imprescindíveis para o sucesso de um empreendimento imobiliário, pois é por meio dele em que são determinados a forma da edificação e o seu retorno financeiro, sendo parâmetros das possibilidades construtivas do oferecidas pelo terreno. Dessa forma, a busca por melhorias nessa fase de projeto pode trazer maior confiança no momento de tomar a decisão sobre o prosseguimento, ou não, na construção de um empreendimento.

Novas formas de trabalhar estão cada vez mais em alta no mercado na construção civil. Uma delas trata-se da utilização de modelos em *Building Information Modeling* (BIM), que tornam o processo de conceber, projetar, planejar e executar uma edificação mais confiável e preciso.

Destarte, o principal objetivo dessa pesquisa era propor uma ferramenta que colabore na tomada de decisão sobre a viabilidade de empreendimentos imobiliários, utilizando o BIM como suporte. Como resultado final, tem-se o código de programação na plataforma Dynamo, que pode ser observado no Apêndice D.

Destaca-se como contribuição teórica o levantamento das etapas mais comuns para a realização dos estudos de viabilidade, assim como os principais atores envolvidos nesse processo. Além disso, durante a pesquisa foram identificadas as principais dificuldades e sugestões de melhorias apontadas pelos especialistas, as quais, muitas tentou-se sanar no código desenvolvido. Entre elas, a falta de automação do processo, demora para realizar novas simulações e dificuldades em visualizar como o BIM poderia auxiliar nessa etapa de projeto. Assim, essa pesquisa contribuiu na expansão e na melhoria dos estudos de viabilidade de empreendimento imobiliário, tornando esse processo decisório mais preciso e confiável para os incorporadores e construtores.

Para atingir essa meta, foram traçados quatro objetivos específicos como norteadores da pesquisa: a) Levantar os principais parâmetros de projeto que podem impactar o custo de uma construção; b) Identificar as metodologias de estudos de viabilidades atuais; c) Desenvolver um código, utilizando programação visual, que gere alternativas de construção virtual manipuláveis, de acordo com os parâmetros e custos propostos; d) Validar o código em casos reais de empreendimentos imobiliários.

Assim, para cumprir o primeiro objetivo (a) iniciou-se a pesquisa a partir de uma extensa pesquisa bibliográfica, buscando identificar os principais pontos que envolvem os estudos de viabilidade de empreendimentos imobiliários. Pesquisou-se sobre os estudos de

massa, ou seja, a elaboração da forma da edificação segundo as legislações urbanísticas referentes a um terreno em análise, e o estudo de viabilidade financeiro, identificando os parâmetros chave que são utilizados para determinar se um empreendimento possui potencial de retorno monetário, ou não. Além disso, como complemento, levantou-se informações sobre a utilização do BIM e dos Projetos Generativos como ferramentas de apoio ao estudo de viabilidade.

Para cumprir o segundo objetivo (b), foram realizadas entrevistas semiestruturadas com especialistas em estudos de viabilidade, buscando, assim, identificar como essa etapa de projeto era realizada na prática. Optou-se por separar essa etapa em dois grupos: arquitetos e incorporadores. O primeiro, pois, geralmente, são os responsáveis por realizar os estudos de massa e de concepção. O segundo, pois são, na maioria dos casos, participantes ativos nos estudos financeiros do empreendimento. Assim, entrevistou-se cinco arquitetos e quatro incorporadores durante a pesquisa.

Dessa forma, para se iniciar um estudo de viabilidade, partindo-se do pressuposto que já há um terreno, é determinar quais são as dimensões dele, sua área, sua localização na cidade e levantar os dados legislativos referente ao local na LUOS – Lei e Ocupação do Solo, extraindo as informações sobre taxa de ocupação (solo e subsolo), índice de aproveitamento, recuos, gabarito máximo, entre outros. Com as informações obtidas, é possível realizar projeções do que se pode ter no terreno. Por fim, por meio da utilização de áreas equivalentes, é possível estimar um custo médio de construção e com esse valor e possuindo uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA), além de estimativas de um Fluxo de Caixa, é possível calcular todos os parâmetros financeiros desejados para o empreendimento, como o Taxa Interna de Retorno (TIR), o Valor Presente Líquido (VPL), o Índice de Lucratividade (IL) e o tempo de Payback.

Para terceira etapa de objetivos específicos (c), utilizou-se a *Design Science Research* como estratégia de pesquisa para o desenvolvimento do artefato proposto. Assim, a pesquisa dividia-se nas seguintes etapas: Conscientização do Problema, Sugestão, Desenvolvimento, Avaliação e Conclusão. Assim, elaborou-se uma proposta de projeto a ser desenvolvida utilizando o Dynamo, da Autodesk, como o *software* de programação visual em BIM.

Essa proposta de projeto trata-se da metodologia de estudo de viabilidade desenvolvida por meio da revisão da literatura e das entrevistas realizadas com os especialistas, com o fito de utilizar um processo de trabalho mais próximo possível da realidade praticada no mercado de empreendimentos imobiliários. Assim, o papel do BIM nessa etapa foi traduzir esse

workflow em uma linguagem de programação, capaz de replicar essa metodologia de forma mais rápida e precisa.

O código, portanto, reflete as principais etapas de um estudo de viabilidade. Entre elas, a identificação do contorno do terreno, a leitura de dados urbanísticos (colocados manualmente) e a geração da massa a partir deles, resultando em um modelo volumétrico da edificação. Além disso, alterações seriam possíveis, caso o operador não desejasse optar por aproveitar sempre o máximo de todos os critérios da edificação, aumentando o leque de possibilidade para o empreendimento com simulações mais ágeis. Para finalizar, os dados do modelo BIM foram exportados para uma planilha de Excel, no qual foram realizadas as operações necessárias para um estudo de viabilidade financeira.

Por fim, o último objetivo específico (d) tratava-se da avaliação do artefato desenvolvido durante a pesquisa. Assim, foram selecionados casos reais, com estudos de viabilidade já concluídos, com o fito de utilizar a ferramenta proposta e identificar se os resultados obtidos eram fidedignos com os praticados na realidade. Além disso, foi realizado um estudo de caso (A) junto a dois especialistas na área de estudos de viabilidade de empreendimentos imobiliários, para que eles fossem capazes de avaliar a ferramenta, apontado a sua aplicabilidade, ou não, no dia-a-dia do processo de estudos de viabilidade e como seria possível melhorar o artefato e o tornar mais eficiente.

Assim, para os dois avaliadores, o artefato, de fato, tem potencial para reproduzir os estudos de viabilidade desenvolvidos no mercado, sendo possível trabalhar um maior número de simulações, verificando distintos cenários de massa da edificação e de retorno financeiro, trazendo, de fato, confiabilidade e, principalmente, rapidez na mudança de cenários. Entretanto, para ambos, melhorias poderiam ser feitas para fidelizar o artefato. Foram apontados os limitantes das áreas comuns e da falta de utilização de Outorgas Onerosas, cada vez mais comuns na construção.

Para atender, por fim, as solicitações dos avaliadores, o artefato foi reformulado, passando por um novo estudo de caso (B), buscando identificar o cumprimento das novas exigências. Foi possível, dessa forma, identificar que em ambos os casos, os resultados encontrados foram bastante similares aos encontrados na realidade, demonstrando a confiabilidade do artefato. Observaram-se pequenas divergências entre os resultados, que podem ser explicadas por etapas futuras de desenvolvimento de projeto, quando são remodeladas algumas áreas privativas, com o intuito de atender ordens arquitetônicas diversas, que não existem na etapa de estudo de viabilidade.

Dessa forma, conclui-se que todos os objetivos traçados inicialmente na presente pesquisa foram prontamente atingidos e foi possível observar que o BIM e os projetos generativos têm muito a contribuir para os estudos de viabilidade de um empreendimento imobiliário, assim como em outras etapas do ciclo de vida de uma edificação. Além disso, também foi possível observar que os estudos de viabilidade ainda têm potencial de melhorias, sendo um determinante significativo para o sucesso de um empreendimento.

5.1 Sugestão de trabalhos futuros

Durante a pesquisa, algumas lacunas foram identificadas, que limitaram o desenvolvimento do artefato para a sua total aplicação na realidade do mercado de empreendimentos imobiliários. Assim, fica de sugestão o desenvolvimento dos seguintes pontos:

1. Desenvolvimento do código para abordar as diversas exceções existentes na LUOS, no Código da Cidade e em outros critérios urbanísticos existentes;
2. Abordagem de outras formas da edificação, pois no artefato atual, deve-se inserir o tamanho correto no início, não sendo alterado pelo código, limitando nas simulações de tamanho;
3. Capturar, de forma automática, os dados urbanísticos das diferentes cidades, sendo necessário o preenchimento apenas do endereço e tendo como retorno todos esses parâmetros, não sendo necessário busca-los manualmente nos Códigos das Cidades;
4. Localização da edificação em outros locais, pois o artefato tomou como premissa sempre centralizar a edificação no terreno, o que, muitas vezes, não ocorre na prática;
5. Integrar o artefato com uma plataforma de estudo de viabilidade financeira mais completa, tornando os dados indicativos de viabilidade mais precisos, como o fluxo de caixa;
6. Adicionar um estudo de incidência solar e de ventilação automático, indicando a melhor posição da edificação, pois o formato do artefato atual exige que o operador adicione manualmente a rotação da edificação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, Carlos Alexandre Camargo de; NETO, José de Paula Barros. HEINECK, Luiz Fernando Mahlmann Heineck. **Avaliação Econômica de Empreendimentos Imobiliários Residenciais: Uma Análise Comparativa**. XXVIII encontro de Engenharia de Produção. Rio de Janeiro, 2008

ABREU, Cristiane Baima de. **ESTUDO COMPARATIVO DAS LEIS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO PARA O CASO DE FORTALEZA- CE**. 307 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS (AIA). **Integrated Project Delivery: A Guide**. Version 1, 2007.

AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS (AIA). **Integrated Project Delivery: Case Studies**, 2010.

AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS. AIA Document G202TM 2013: **Project Building – Information Modeling Protocol Form**.

AMORIM, Sérgio Roberto Leusin de. **Gerenciamento e coordenação de projetos BIM: um guia de ferramentas e boas práticas para o sucesso de empreendimentos**. 1. Ed. Rio de Janeiro: Elseier, 2018.

ANDRADE, Max; RUSCHEL, R. Interoperabilidade entre ArchiCAD e Revit por meio do formato IFC. In: IV Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil, 2009, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2009.a

ASL, Mohammad Rahmani et al. BPOpt: A framework for BIM-based performance optimization. **Energy And Buildings**, v. 108, p.401-412, dez. 2015. Elsevier BV.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14.653-4**: Avaliação de bens – Empreendimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.721**: Avaliação de custos de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios. Rio de Janeiro: ABNT, 2007 – Versão corrigida.

AZHAR, S. Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. **Leadership And Management In Engineering**, v. 11, n. 3, p.241-252, jul. 2011. American Society of Civil Engineers (ASCE).

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

BARROS, Andréia Cristina da Silva; FALCÃO, Daniel Ferreira. **Orçamento Paramétrico como Ferramenta de Controle de Custos na Construção Civil**. 16ª Conferência Internacional Latim America Real Estate Society. São Paulo, p. 1-14. set. 2016.

BIMFORUM. **Level of Development Specification Version**. set, 2018. Disponível em: <<http://bimforum.org/lod/>>. Acesso em: 10 mai. 2019.

BREDER, Murilo Dias; LIMA, Natália Baêta Vieira; RIBEIRO, Sidnea Eliane Campos. **CONHECIMENTO E ESTIMATIVA DO USO DO BIM PELOS PROFISSIONAIS ATUANTES DAS INDÚSTRIAS AEC NO BRASIL**. 8 p., 2016.

Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC). **Fundamentos BIM - Parte 1: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras/Câmara Brasileira da Indústria da Construção**. - Brasília: CBIC, 2016.

Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC). Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado de Minas Gerais. **Saiba mais: Custo Unitário Básico (CUB/m²)**. Belo Horizonte: Sinduscon-MG, 2013.

CÂNDIDO, L. F. **Análise de sistemas de medição de desempenho na construção civil: oportunidades de melhoria a partir da literatura e da experiência de construtoras cearenses**. 2015. 195 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil: estruturas e construção civil, Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, 2015.

CASAROTO FILHO, Nelson; KOPITTKE, Bruno Hartmut. **Análise de investimentos:**

Matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

CHEUNG, F. K. T. et al. **Early stage multi-level cost estimation for schematic BIM models.**

Automation In Construction, v. 27, p.67-77, nov. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2012.05.008>.

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

CIC - COMPUTER INTEGRATED CONSTRUCTION Research Program. **BIM Project Execution Planning Guide.** Version 2.1, The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA. 2011.

DALONGARO, Roberto Carlos; BAGGIO, Daniel Knebel. **A COMPARATIVE ANALYSIS OF FINANCIAL INVESTMENTS RELATED TO MARKET ATTRACTIVENESS.** International Journal Of Development Research. -, p. 15256-15260. set. 2017.

DEGEN, Ronald Jean. **O empreendedor: empreender como opção de carreira.** São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

DINIZ, Maria da Conceição Mendes. **Modelagem da informação da construção estudo de caso - inspetoria da receita federal em Jaguarão - RS.** 2013. 262 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília – Df, 2013.

DİNO, İpek Gürsel. **Creative Design Exploration By Parametric Generative Systems In Architecture.** Metu Journal Of The Faculty Of Architecture, [s.l.], 1 jun. 2012. Middle East Technical University, Faculty of Architecture. <http://dx.doi.org/10.4305/metu.jfa.2012.1.12>.

DONATH, Dirk; LOBOS, Danny. **Massing Study Support: a new tool for early stages of architectural design.** Alemanha: -, 2008.

EADIE, Robert et al. **AN ANALYSIS OF THE DRIVERS FOR ADOPTING BUILDING INFORMATION MODELLING**. Journal of Information Technology in Construction (itcon), p. 338-352. out. 2013.

EASTMAN, Chuck; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael; LISTON, Kathleen. **Manual de Bim: Uma Guia de Modelagem da Informação da Construção para Arquitetos, Engenheiros, Construtores e Incorporadores**. 1ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2014. 483p.

FRISCHMANN, Carine Villarino. **ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE UM EMPREENDIMENTO RESIDENCIAL NO BAIRRO SANTA MARIA GORETTI, EM PORTO ALEGRE/RS**. 15ª Conferência Internacional Latim America Real Estate Society. São Paulo, p. 1-52. set. 2015.

GITMAN, L. J; ZUTTER, C. J. **Princípios de administração financeira**. 14. ed. São Paulo: Pearson Universidades, 2017.

GOLDENBERG, Mirían. **A arte de pesquisar: como fazer pesquisa qualitativa em Ciências Sociais** / Mirian Goldenberg. – 8ª ed. - Rio de Janeiro: Record, 2004.

GOLDMAN, Pedrinho, **INTRODUÇÃO AO PLANEJAMENTO E CONTROLE DE CUSTOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL BRASILEIRA** - 4. ed. atual. - São Paulo: Pini, 2004.

GONÇALVES, Cilene Maria Marques. **MÉTODO PARA GESTÃO DO CUSTO DA CONSTRUÇÃO NO PROCESSO DE PROJETO DE EDIFICAÇÕES**. 182 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil e Urbana, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

GONÇALVES, H. de A. **Manual de metodologia da pesquisa científica**. 5. ed. São Paulo: Avercamp, 2012.

GRAY, David E. **Pesquisa no Mundo Real**. Trad. Roberto Cataldo Costa. 2. ed. Porto Alegre: Penso, 2012.

GRIZ, Cristiana; QUEIROZ, Natália; NOME, Carlos. **Edificação Modular: Estudo de caso e protótipo de um sistema construtivo de código aberto utilizando prototipagem rápida**. XXI Congreso de La Sociedad Ibero-americana de Gráfica Digital. Concepción, Chile, p. 1-8. nov. 2017.

GROPPELLI, A. A; NIKBAKHT, E. **Administração financeira**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2010. – LIVRO – APAGAR SE ACHAR BB MELHOR

GUNAGAMA, M. Galieh. **Generative Algorithms in Alternative Design Exploration**. Shs Web Of Conferences, v. 41, p.1-8, 2018. EDP Sciences. <http://dx.doi.org/10.1051/shsconf/20184105003>.

HARDING, John E.; SHEPHERD, Paul. **Meta-Parametric Design**. Design Studies, v. 52, p.73-95, set. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.destud.2016.09.005>.

HOLMSTROM, Jan; KETOKIVI, Mikko; HAMERI, Ari-pekka. **Bridging Practice and Theory: A Design Science Approach**. Decision Sciences. p. 65-87. 2009.

HIPPERT, Maria Aparecida Steinherz; ANDRADE, Gustavo Brega Quinet. **Roteiro para estudo de viabilidade de empreendimentos imobiliários residenciais**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

HUANG, Yu-shun; CHANG, Wei-sheng; SHIH, Shen-guan. **Building Massing Optimization in the Conceptual Design Phase**. **Computer-aided Design And Applications**, [s.l.], v. 12, n. 3, p. 344-354, 2 dez. 2014. CAD Solutions, LLC. <http://dx.doi.org/10.1080/16864360.2014.981465>.

Humpi, H. (2015). **ALGORITHM-AIDED BUILDING INFORMATION MODELING Connecting Algorithm-Aided Design and Object-Oriented Design**. Tampere University of Technology.

ILOZOR, Benedict D.; KELLY, David J.. **Building Information Modeling and Integrated Project Delivery in the Commercial Construction Industry: A Conceptual Study**. Journal Of Engineering, Project, And Production Management, v. 2, n. 1, p. 23-36. 2012.

Janssen, P.; Wee, C. K. **Visual dataflow modelling: a comparison of three systems**. 2011.

JORY, Surendranath Rakesh; BENAMRAOUI, Abdelhafid; BOOJIHAWON, Devkumar Roshan; MADICHIE, Nnamdi O.. **Net Present Value Analysis and the Wealth Creation Process: A Case Illustration**. The Accounting Educators' Journal. Uk, p. 85-99. jun. 2016.

KHABAZI, Zubin Mohamad. **GENERATIVE ALGORITHMS using GRASSHOPPER**. 3. ed. Morphogenesis, 2012.

KENSEK, K. M. (2014). **Integration of Environmental Sensors with BIM: case studies using Arduino, Dynamo, and the Revit API**. Informes de la Construcción, 66(536): e044, doi: <http://dx.doi.org/10.3989/ic.13.151>.

KIMOTO, K. et al. **The application of PDA as mobile computing system on construction management**. Automation in Construction, v. 14, n. 4, p. 500–511, ago. 2005.

LACERDA, Daniel Pacheco et al. **Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção**. Gestão & Produção, São Carlos, v. 20, n. 4, p.741-761. 2013.

LIMA, Mariana Monteiro Xavier. **METAMODELO PARA INTEGRAÇÃO DE MULTIDSEMPENHOS EM PROJETO DE ARQUITETURA**. 2016. 348 f. Tese (Doutorado), Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP, 2016.

LIMMER, Carl Vicente. **Planejamento, orçamentação e controle de projetos e obras**. Rio de Janeiro: LTC, 1997.

LOSSO, I.R: **Utilização das Características Geométricas da Edificação na Elaboração de Estimativas Preliminares de Custos: Estudo de Caso em uma Empresa de Construção**. Universidade de Santa Catarina – Florianópolis, agosto, 1995.

LUKKA, K. The constructive research approach. In Ojala, L. & Hilmola, O-P. (eds.). **Case study research in logistics**. Publications of the Turku School of Economics and Business Administration, Series B1, p.83-101, 2003.

MACHADO, Lisiane et al. **Design Research como método de pesquisa de Administração: Aplicações práticas e lições aprendidas**. XXXVII Encontro do ANPAD. Rio de Janeiro, set. 2013.

MARCH, S. T.; SMITH, G. F. **Design and natural science research on information technology**. Decision support systems, v.15, n.4, p.251-266, 1995.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. In: Fundamentos de metodologia científica. Atlas, 2010.

MATTOS, A. D. **Como preparar orçamentos de obras: dicas para orçamentistas, estudos de caso, exemplos**. São Paulo: Pini, 2006.

MELlichamp, Duncan A. **Internal rate of return: good and bad features, and a new way of interpreting the historic measure: Good and bad features, and a new way of interpreting the historic measure**. Computers & Chemical Engineering, [s.l.], v. 106, p. 396-406, nov. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compchemeng.2017.06.005>.

MENEZES, Gilda Lúcia Bakker Batista de. **BREVE HISTÓRICO DE IMPLANTAÇÃO DA PLATAFORMA BIM**. Cadernos de Arquitetura e Urbanismo, v.18, n. 22, p.153-171, maio 2011.

MIRANDA, R.C.; SILVA, F.T.. **Criação de algoritmos gerativos de estruturas arquitetônicas: parametrização de abóbadas moduladas em concreto armado**. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 7., 2015, Recife. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2015

MORANDI, Maria Isabel W. Motta; CAMARGO, Luis F. Riehs. Revisão sistemática da literatura. In: DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel P.; ANTUNES JR, José A. Valle. **Design**

science research: método e pesquisa para avanço da ciência e da tecnologia. Porto Alegre: Bookman, 2015.

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

MOTAWA, Ibrahim; CARTER, Kate. **Sustainable BIM-based Evaluation of Buildings.** In: **IPMA WORLD CONGRESS**, 26., 2012, Crete, Greece, p. 419 - 428.

MOUSIADIS, Tassos; MENGANA, Sinan. **Parametric BIM: Energy Performance Analysis Using Dynamo for Revit.** Stockholm, Sverige: Royal Institute Of Technology, 2016. 55 p.

NBIMS. **United States national building information modeling standard version 1—Part 1: Overview, principles, and methodologies.** 2007.

PMI, **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos (Guia PMBOK®) - Quinta Edição,** Newton Square: PMI, 2013.

PONTES, Joaquim Maria Pires Coelho Júdice. **BIM Maturity Model for the Nacional Industry: Evaluation, Planning and Action.** Lisboa: Tecnico Lisboa, 2016.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FORTALEZA. **ESTUDO PRELIMINAR DE COMPATIBILIZAÇÃO DA LEI DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO (LEI N° 7.987/1996) COM O PLANO DIRETOR PARTICIPATIVO DE FORTALEZA - PDPFOR (LC N° 062/2009) – 2015.**

PREFEITURA MUNICIPAL DE FORTALEZA. **LEI COMPLEMENTAR N° 236 DE 11 DE AGOSTO DE 2017 PARCELAMENTO, USO E OCUPAÇÃO DO SOLO. – 08/2017.**

RIBEIRO, Fernando Ferraz. **Sistema Generativo de Projeto Aplicado ao Desenho e Otimização da Estrutura de um Shed.** 136 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial, Senai Cimatec, Salvador, 2015.

RICHARDSON, R. J.; PERES, J. A. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3. ed. Rio de Janeiro: Atlas São Paulo, 2011.

ROCHA LIMA JR, J.; MONETTI E.; ALENCAR, C.T. **Real Estate: Fundamentos para análise de investimentos**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

ROSA, M. V. de F. P. do C.; ARNOLDI, M. A. G. C. **A entrevista na pesquisa qualitativa: mecanismo para validação dos resultados**. Belo Horizonte: Autêntica, 2017.

SABOL, L. **Challenges in cost estimating with Building Information Modeling**. San Diego: IFMA World Workplace, 2008.

SAKAMORI, Marcelo Mino. **Modelagem 5d (BIM) - processo de orçamentação com estudo sobre controle de custos e valor agregado para empreendimentos de construção civil**. 2015. 180 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

SILVA, Andressa Hennig; FOSSÁ, Maria Ivete Trevisan. **ANÁLISE DE CONTEÚDO: EXEMPLO DE APLICAÇÃO DA TÉCNICA PARA ANÁLISE DE DADOS QUALITATIVOS**. Qualitas Revista Eletrônica, , v. 17, n. 1, 2015.

SILVA, Felipe Tavares da. **Concepção interativa e parametrizada de edifícios de múltiplos pavimentos em concreto armado**. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, v. 12, n. 1, p.9-27, 24 fev. 2017. Universidade de São Paulo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBiUSP. <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v12i1.99212>.

SILVA, Francimar N.; FERREIRA, Marco A. M.; PAZZINI, Felipe L. S.; ABRANTES, Luis A. Abordagem Determinística e de Simulação de Risco como Instrumentos de Análise de Viabilidade Financeira em Investimentos Imobiliários. **Revista de Negócios da FURB**, Blumenau, v.12, n.3, p.03-17, 2007.

SILVA JÚNIOR, FÉlix Alves da. **O USO DE SISTEMAS GENERATIVOS COMO INSTRUMENTO DE DESENHO URBANO SUSTENTÁVEL**. 2016. 307 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura, Universidade de Brasília, Brasília - Df, 2016.

SOARES, Raquel Canellas; AMORIM, Sérgio Roberto Leusin de. **APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA BIM EM ESTUDOS DE VIABILIDADE**. In: ENTAC, XIV, 2012, Juiz de Fora, p. 2258 - 2269.

SOUZA, André; CALMON, João Luiz; CARNEIRO3, Teresa Cristina. **Processo de Decisão de Novos Empreendimentos Imobiliários para Pequenas e Médias Empresas**. 15ª Conferência Internacional Latim America Real Estate Society. São Paulo. set. 2015.

SOUZA, Roberto de. **Sistema de gestão para empresas de incorporação imobiliária** / Roberto de Souza; (Colaboradores Josaphat Lopes Baía, Hisae Gunji). – São Paulo: O nome da Rosa, 2004.

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.

SUCCAR, Bilal; KASSEM, Mohamad. **Macro-BIM adoption: Conceptual structures**. Automation In Construction, [s.l.], v. 57, p.64-79, set. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2015.04.018>.

TREVISAN, R. **Estudo de Viabilidade Econômica de Empreendimentos Imobiliários**. 1. ed. E-Book Kindle: Ricardo Trevisan, 2015.

VAISHNAVI, V.; KUECHLER, W. **Design Research in Information Systems**. 2009. Disponível em: <<http://desrist.org/design-research-in-information-systems>>. Acesso em: 5 mai. 2019.

VAN AKEN, J. E. **Management research as a design science: Articulating the research products of mode 2 knowledge production in management**. British Journal of Management, v. 16, n. 1, p. 19–36, 2005.

VOGT, Thomas Michael. **Current application of graphical programming in the design phase of a BIM project: Development opportunities and future scenarios with 'Dynamo.** s.l. : University of Northumbria at Newcastle - Faculty of Engineering and Environment, 2016.

WANG, Likai; JANSSEN, Patrick; CHEN, Kian Wee; TONG, Ziyu; JI, Guohua. **Subtractive Building Massing for Performance-Based Architectural Design Exploration: a case study of daylighting optimization. : A Case Study of Daylighting Optimization.** Sustainability, [s.l.], v. 11, n. 24, p. 6965-6985, 6 dez. 2019. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su11246965>.

YIN, Robert K. **Pesquisa qualitativa do início ao fim**/Robert K. Yin ; Tradução: Daniel Bueno; Revisão técnica: Dirceu da Silva. – Porto Alegre: Penso, 2016.

APÊNDICE A – ROTEIRO DE ENTREVISTA (ARQUITETOS)

Objetivos da pesquisa

Esta entrevista tem por objetivo levantar os principais parâmetros de projeto considerados pelos arquitetos em estudos de viabilidade de empreendimentos imobiliários. Além disso, buscar-se-á sugestões para o desenvolvimento do código de programação.

Observação 1: Fica garantido o sigilo das informações relativas à empresa e ao entrevistado.

Observação 2: As entrevistas que serão realizadas poderão ser gravadas, desde que com o consentimento do(s) entrevistado(s), para facilitar a análise dos resultados/respostas.

Observação 3: O Pesquisador se dispõe a fornecer um exemplar da Dissertação, resultado final da presente pesquisa, para cada empresa participante do estudo, caso haja manifesto interesse por parte desta.

Parte 01 – Caracterização do Entrevistado

A primeira parte da entrevista diz respeito à Caracterização do Entrevistado. Tem por objetivo levantar algumas informações profissionais dos entrevistados, de forma a traçar um perfil para os arquitetos consultados na pesquisa.

1. Qual o seu tempo de atuação no mercado da construção civil?
2. Em uma escala de 0 a 10 qual o seu grau de conhecimento sobre a estudos de viabilidade de empreendimentos imobiliários?
3. Em uma escala de 0 a 10 qual o seu grau de envolvimento com estudos de viabilidade de empreendimentos imobiliários?

Parte 02 – Parâmetros de projeto

A segunda parte da entrevista diz respeito ao levantamento dos parâmetros. Tem por objetivo analisar qual a visão dos arquitetos com relação aos estudos de viabilidade.

4. Quais são os principais participantes envolvidos nos estudos de viabilidade?
5. Quais são as principais informações que você precisa para iniciar um estudo de viabilidade de empreendimentos imobiliários? Quem as fornece? O que se espera que o arquiteto entregue?

6. Como você toma as principais decisões dos estudos de viabilidade? (Por exemplo, quanto a tipologia, planta de situação, entre outros).
7. Quais as principais legislações envolvidas em estudos de viabilidade de empreendimentos imobiliários? Quais os pontos mais importantes que devem ser levados em consideração?
8. Como você realiza estudos de massas? Como você procede para a divisão de um pavimento em apartamentos e áreas comuns?
9. Quais são suas sugestões para melhorar estudos de viabilidade de empreendimentos imobiliários?

Parte 03 – Aplicabilidade do BIM

A terceira parte da entrevista refere-se à aplicabilidade do BIM e do uso de códigos de programação visual. Tem por objetivo verificar se o arquiteto trabalha utilizando BIM e como ele vê a aplicabilidade desse tipo de ferramenta em estudos de viabilidade.

10. Como você utiliza o BIM em estudos de viabilidade?
11. Como você considera a aplicação do BIM para ajudar as empresas em estudos de viabilidade?
12. Você utiliza programação visual (como por exemplo através do uso do Dynamo com o Revit) para estudos de viabilidade? Se sim, possui algum tipo de sugestão para o desenvolvimento desse tipo de ferramenta?

APÊNDICE B – ROTEIRO DE ENTREVISTA (INCORPORADORES)

Objetivos da pesquisa

Esta entrevista tem por objetivo identificar as principais metodologias aplicadas pelos incorporadores em estudos de viabilidade e como eles se adaptam aos diferentes tipos de padrões construtivos. Além disso, buscar-se-á sugestões para o desenvolvimento do código de programação.

Observação 1: Fica garantido o sigilo das informações relativas à empresa e ao entrevistado.

Observação 2: As entrevistas que serão realizadas poderão ser gravadas, desde que com o consentimento do(s) entrevistado(s), para facilitar a análise dos resultados/respostas.

Observação 3: O Pesquisador se dispõe a fornecer um exemplar da Dissertação, resultado final da presente pesquisa, para cada empresa participante do estudo, caso haja manifesto interesse por parte desta.

Parte 01 – Caracterização do Entrevistado

A primeira parte da entrevista diz respeito à Caracterização do Entrevistado. Tem por objetivo levantar algumas informações profissionais dos entrevistados, de forma a traçar um perfil para os incorporadores consultados na pesquisa.

1. Qual o seu tempo de atuação no mercado da construção civil?
2. Em uma escala de 0 a 10 qual o seu grau de conhecimento sobre a estudos de viabilidade?
3. Em uma escala de 0 a 10 qual o seu grau de envolvimento com estudos de viabilidade?

Parte 02 – Metodologia de estudos de viabilidade

A segunda parte da entrevista diz respeito ao levantamento dos parâmetros. Tem por objetivo analisar qual a visão dos incorporadores com relação aos estudos de viabilidade, assim como as principais metodologias de trabalho adotados por eles nesse tipo de atividade.

4. Quais são os principais participantes envolvidos nos estudos de viabilidade?
5. Quais são as principais informações que você precisa para iniciar um estudo de viabilidade de empreendimentos imobiliários? Quem as fornece? O que se espera que o arquiteto entregue?

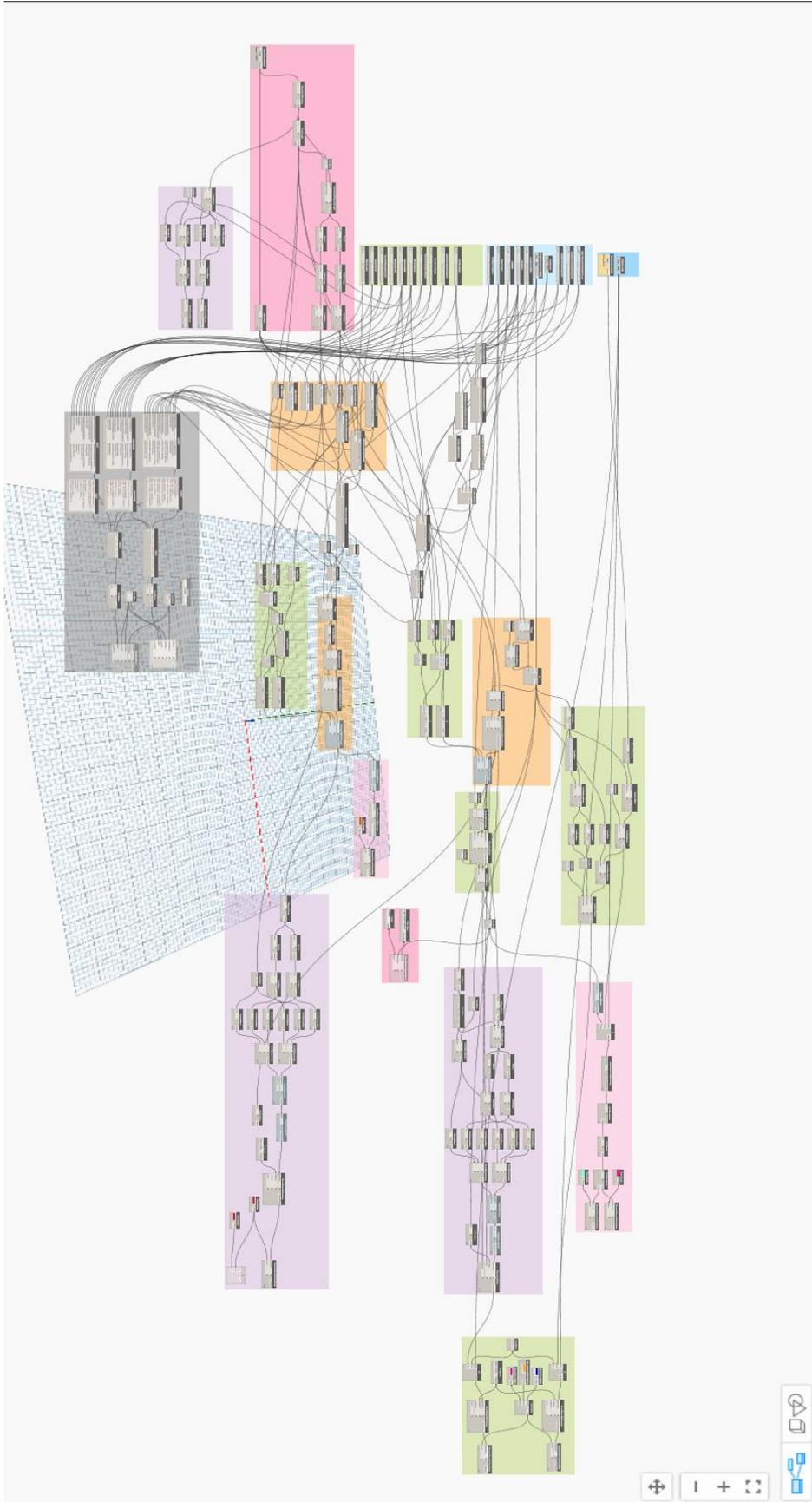
6. Como você realiza estudos de viabilidade de empreendimentos imobiliários?
7. Como você toma as principais decisões dos estudos de viabilidade? (Por exemplo, quanto a tipologia, planta de situação, entre outros).
8. Quais as principais legislações envolvidas em estudos de viabilidade de empreendimentos imobiliários? Quais os pontos mais importantes que devem ser levados em consideração?
9. Você considera algum parâmetro de custo, fora a massa da edificação, em seus estudos? Por exemplo: tipos de fachada, acabamento interno e tipo de estrutura.
10. Quais são suas sugestões para estudos de viabilidade de empreendimentos imobiliários?

Parte 03 – Aplicabilidade do BIM e da programação visual

A terceira parte da entrevista refere-se à aplicabilidade do BIM e do uso de códigos de programação visual. Tem por objetivo verificar se o incorporador trabalha utilizando BIM ou programação visual e como ele vê a aplicabilidade desse tipo de ferramenta em estudos de viabilidade.

11. Você utiliza o BIM (*Building Information Modeling*) como auxílio nos estudos de viabilidade? Se sim, como?
12. Você utiliza falar de programação visual (como por exemplo através do uso do Dynamo com o Revit) para estudos de viabilidade?

APÊNDICE C – CÓDIGO DO DYNAMO ANTES DAS AVALIAÇÕES



APÊNDICE D – CÓDIGO DO DYNAMO DESENVOLVIDO APÓS AVALIAÇÕES

