

RAFAEL JUNQUEIRA CASTELLI

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE SISTEMAS MODULARES NA CONSTRUÇÃO
DE UM EMPREENDIMENTO DE USO MISTO, DESTINADO AO SEGMENTO
ECONÔMICO**

São Paulo

2021

RAFAEL JUNQUEIRA CASTELLI

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE SISTEMAS MODULARES NA CONSTRUÇÃO
DE UM EMPREENDIMENTO DE USO MISTO, DESTINADO AO SEGMENTO
ECONÔMICO**

Monografia apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para obtenção
do título de MBA em *Real Estate*: Economia
Setorial e Mercados.

Orientador:

Prof. Dr. Cláudio Tavares de Alencar

São Paulo

2021

Catlogação-na-publicação

Castelli, Rafael Junqueira
ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE SISTEMAS MODULARES NA
CONSTRUÇÃO DE UM EMPREENDIMENTO DE USO MISTO, DESTINADO
AO SEGMENTO ECONÔMICO / R. J. Castelli -- São Paulo, 2021.
135 p.

Monografia (MBA em Economia setorial e mercados, com ênfase em
Real Estate) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Poli-Integra.

1.Sistemas Modulares Pré-Fabricados 2.Empreendimento de Uso Misto
3.Segmento Econômico I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Poli
Integra II.t.

DEDICATÓRIA

À minha esposa Lania, que sempre me incentivou e compreendeu o meu desejo e as horas dispensadas em busca deste objetivo.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Claudio Tavares de Alencar, pelos ensinamentos transmitidos, pela paciência e pelo constante estímulo durante a elaboração deste trabalho.

Aos professores Frederico Augusto Martinelli e Abla Maria Proência Akkari, que constituíram a banca de qualificação e lapidaram o texto com os seus conhecimentos.

Aos professores do MBA em *Real Estate* da Escola Politécnica da USP, pelas instruções ao longo do curso.

E à equipe de engenharia da Yuny Incorporadora, que sempre esteve presente nos estudos desenvolvidos desta monografia.

RESUMO

O presente trabalho está inserido no contexto de obras prediais de múltiplos andares, enquadradas no segmento econômico, situadas em áreas de operação urbana de grandes metrópoles, que possuem alta densidade demográfica, trânsito saturado e edificações vizinhas, fatores estes que implicam em cronogramas dilatados e altos custos de obras, devido à complicada logística de construção e transporte, resultando em um desafio para validação dos investimentos em produtos neste cenário. O método executivo amplamente empregado é o da construção convencional, caracterizado pelo uso de estruturas de concreto armado, com vedações internas e externas em alvenaria, revestidas com argamassa e/ou gesso.

O objetivo da pesquisa, diante desta conjuntura, é apresentar os sistemas modulares pré-fabricados como uma opção construtiva, por meio da apresentação das vantagens e desvantagens de cada sistema, e de simulações comparativas entre os custos, prazos e indicadores financeiros, para crescentes graus de complexidade e escala, usando como base de aferição dos resultados, a construção convencional.

O trabalho compreende quatro partes; primeiramente, a análise histórica da construção modular no Brasil e no mundo, que tem como intuito propiciar o entendimento e a evolução de tal sistema até o atual nível de industrialização em que este se encontra. Na sequência, apresentam-se esclarecimentos sobre a norma brasileira 15873:2010 - que versa sobre pontos da coordenação modular para edificações e os níveis de complexidade em que a construção modular pode ser dividida. Os sistemas pré-fabricados, com maiores representatividades no mercado de *real estate* brasileiro atual, compreendem as análises que são expostas na terceira parte deste trabalho. E, como parte final deste trabalho, tem-se o estudo de caso de um empreendimento de múltiplos andares, enquadrado no segmento econômico, no qual é realizada uma análise comparativa dos custos, prazos e a análise dos investimentos e da qualidade dos investimentos entre quatro diferentes métodos construtivos, com graus distintos de complexidade e de escala de produção.

As considerações finais do trabalho têm como propósito apresentar se o objetivo foi atingido; as vantagens e desvantagens de cada método executivo; os resultados obtidos em cada sistema construtivo e qual foi o método construtivo escolhido para a execução do empreendimento, por meio de uma argumentação sustentada na análise dos custos, prazos, vantagens e desvantagens e nos indicadores de investimento e da qualidade de investimento.

Palavras-Chave: Sistemas Modulares Pré-Fabricados.

ABSTRACT

The present work is inserted in the context of multi-storey building works, framed in the economic segment, located in areas of urban operation of large metropolises, which have high demographic density, saturated traffic and neighboring buildings, factors which imply in extended and high schedules construction costs, due to complicated construction and transportation logistics, resulting in a challenge to validate investments in products in this scenario. The executive method widely used is that of conventional construction, characterized by the use of reinforced concrete structures, with internal and external masonry seals, covered with mortar and / or plaster.

The objective of the research, in face of this situation, is to present prefabricated modular systems as a constructive option, by presenting the advantages and disadvantages of each system, and comparative simulations between costs, terms and financial indicators, for increasing degrees of complexity and scale, using the conventional construction as a basis for measuring the results.

The work comprises four parts; first, the historical analysis of modular construction in Brazil and in the world, which aims to provide the understanding and evolution of such a system up to the current level of industrialization in which it is found. Following, clarifications about the Brazilian standard 15873: 2010 are presented - which deals with points of modular coordination for buildings and the levels of complexity into which the modular construction can be divided. The prefabricated systems, with greater representativeness in the current Brazilian real estate market, comprise the analyzes that are exposed in the third part of this work. And, as a final part of this work, there is the case study of a multi-storey enterprise, framed in the economic segment, in which a comparative analysis of costs, terms and the analysis of investments and the quality of investments among four different construction methods, with different degrees of complexity and scale of production.

The final considerations of the work are intended to present whether the objective has been achieved; the advantages and disadvantages of each executive method; the results obtained in each constructive system and which was the constructive method chosen for the execution of the enterprise, through a sustained argument in the analysis of costs, terms, advantages and disadvantages and in the investment and investment quality indicators.

Keywords: Prefabricated Modular Systems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Comparação de abordagens por meio da escala e complexidade da construção modular	6
Figura 2 – O ser humano como medida da arquitetura.....	9
Figura 3 - Palácio de Cristal em Londres	10
Figura 4 - Publicação das primeiras normas de coordenação modular	12
Figura 5 - Elemento modular com ajuste de coordenação.....	15
Figura 6 - Elementos posicionados de acordo com um sistema geométrico	16
Figura 7 - Requisitos de projeto que determinam a solução dos sistemas modulares.....	18
Figura 8 - Exemplo do cronograma físico de um prédio residencial quando utilizada a construção convencional versus o sistema modular totalmente 3D	19
Figura 9 - Edifício Clement Canopy em Cingapura.....	20
Figura 10 - Módulos de apartamentos do edifício Clement Canopy em Cingapura	20
Figura 11 - Demanda de curto prazo de novas moradias versus salário da mão de obra na construção civil.....	22
Figura 12 - Percentagem atual de moradias pré-fabricadas.....	23
Figura 13 - Exemplo de composição de uma parede produzida no sistema drywall.....	25
Figura 14 - Geometria das chapas de gesso acartonado, utilizadas no sistema <i>drywall</i>	26
Figura 15 - Tipologias de chapas de gesso acartonado, utilizadas no sistema <i>drywall</i>	26
Figura 16 - Nomenclatura das paredes utilizada no sistema drywall	27
Figura 17 - Fachada de um prédio em LSF	32
Figura 18 - <i>Panelised facade system</i> e Figura 19 – <i>Infill facade system</i>	33
Figura 20 - Linha de produção de banheiros no sistema <i>drywall</i>	37
Figura 21 - Prédio em estrutura metálica.....	40
Figura 22 - Localização do imóvel Chucri Zaidan	51
Figura 23 - Regras a que o projeto está sujeito.....	52
Figura 24 - Perspectiva do imóvel Chucri Zaidan.....	54
Figura 25 - Corte esquemático do imóvel Chucri Zaidan	55
Figura 26 - Implantação no nível Térreo do imóvel Chucri Zaidan	55
Figura 27 - Fases da demolição da loja existente	57
Figura 28 – Mapa do plano de execução das obras	58
Figura 29 - Transporte vertical na construção convencional.....	60
Figura 30 - Cronograma físico da construção convencional	61

Figura 31 - Cronograma físico na simulação 01.....	66
Figura 32 - Transporte vertical na simulação 02	69
Figura 33 - Comparativo da sequência de serviços entre as simulações 01 e 02	71
Figura 34 - Cronograma físico na simulação 02.....	72
Figura 35 - Transporte vertical na simulação 03	75
Figura 36 - Cronograma físico na simulação 03.....	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Custos da alvenaria versus o <i>drywall</i>	28
Tabela 2 - Produtividade da alvenaria versus <i>drywall</i>	29
Tabela 3 - Custo e produtividade entre sistemas de fachada.....	33
Tabela 4 – Comparativo de custos entre a estrutura metálica e a estrutura em concreto – Edifício Comercial com 8 pavimentos	41
Tabela 5 - Comparativo de custos entre a estrutura metálica e a estrutura em concreto – Edifício Residencial com 5 pavimentos	41
Tabela 6 - Vantagens e desvantagens do sistema <i>drywall</i>	46
Tabela 7 - Vantagens e desvantagens dos sistemas modulares de fachada, banheiros	47
Tabela 8 - Vantagens e desvantagens dos sistemas modulares de fachada, banheiros	48
Tabela 9 - Resumo dos custos da construção convencional.....	61
Tabela 10 - Resumo do custo na simulação 01	65
Tabela 11 - Resumo do custo na simulação 02	72
Tabela 12 - Resumo do custo na simulação 03	76
Tabela 13 - Fronteiras de stress das variáveis	80
Tabela 14 - Cenário econômico.....	82
Tabela 15 - Área e tipologias das unidades	83
Tabela 16 – Estrutura do empreendimento.....	84
Tabela 17 - Prazos e datas marco	86
Tabela 18 - Custos do empreendimento	87
Tabela 19 - Contas da comercialização do empreendimento	88
Tabela 20 - Financiamento para produção	89
Tabela 21 - Financiamento para comercialização	89
Tabela 22 – Balanço do empreendimento da construção convencional.....	90
Tabela 23 - Indicadores financeiros de atratividade.....	91
Tabela 24 – Indicadores do investimento e da qualidade do investimento da construção convencional.....	91
Tabela 25 - Indicadores do investimento e da qualidade do investimento na posição média sob stress global, da construção convencional.....	94
Tabela 26 – Comparativo entre os resumos de custos da construção convencional e da simulação 01	95
Tabela 27 - Balanço do empreendimento da simulação 01	96

Tabela 28 - Indicadores do investimento e da qualidade do investimento da simulação 01	97
Tabela 29 - Indicadores do investimento e da qualidade do investimento na posição média sob stress global, da simulação 02	99
Tabela 30 - Comparativo entre os resumos de custos da construção convencional, simulação 01 e simulação 02	101
Tabela 31 - Balanço do empreendimento na simulação 02	102
Tabela 32 - Indicadores do investimento e da qualidade do investimento no cenário 02	103
Tabela 33 - Indicadores do investimento e da qualidade do investimento na posição média sob stress global, da simulação 02	105
Tabela 34 - Comparativo entre os resumos de custos da construção convencional e da simulação 03	107
Tabela 35 - Balanço do empreendimento da simulação 03	108
Tabela 36 - Indicadores do investimento e da qualidade do investimento da simulação 03 ..	109
Tabela 37 - Indicadores do investimento e da qualidade do investimento na posição média sob stress global, da simulação 03	112
Tabela 38 - Comparativo dos indicadores do investimento e da qualidade do investimento frente a 4 métodos construtivos	114

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Composição média dos custos de construção de um edifício de múltiplos andares	44
Gráfico 2 - Cronograma físico-financeiro da construção convencional.....	62
Gráfico 3 - Cronograma físico-financeiro na simulação 01	67
Gráfico 4 - Cronograma físico-financeiro na simulação 02	73
Gráfico 5 - Cronograma físico-financeiro na simulação 03	78
Gráfico 6 - Faixa da investimentos com 90% de confiabilidade, da construção convencional	92
Gráfico 7 - Faixa de resultados com 90% de confiabilidade, da construção convencional	93
Gráfico 8 - Faixa de TIR, com 90% de confiabilidade, da construção convencional	93
Gráfico 9 - Faixa de investimentos, com 90% de confiabilidade, da simulação 01	98
Gráfico 10 - Faixa de resultados, com 90% de confiabilidade, da simulação 01	98
Gráfico 11 - Faixa de TIR, com 90% de confiabilidade, da simulação 01.....	99
Gráfico 12 - Faixa de investimentos, com 90% de confiabilidade, da simulação 02.....	104
Gráfico 13 - Faixa de resultados, com 90% de confiabilidade, da simulação 02	104
Gráfico 14 - Faixa de TIR, com 90% de confiabilidade, da simulação 02.....	105
Gráfico 15 - Faixa de investimentos, com 90% de confiabilidade, da simulação 03.....	110
Gráfico 16 - Faixa de resultados, com 90% de confiabilidade, da simulação 03	111
Gráfico 17 - Faixa de TIR, com 90% de confiabilidade no cenário 03.....	111

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D	.....	Duas Dimensões
3D	.....	Três Dimensões
a.a.	.....	Ao ano
a.m.	.....	Ao mês
ABNT	.....	Associação de Normas Técnicas
AEP	.....	Agência Europeia para Produtividade
AQI	.....	Análise da Qualidade de Investimento
BACEN	.....	Banco Central do Brasil
BNH	.....	Banco Nacional de Habitação
CB	.....	Comitê Brasileiro da Construção Civil
CBC	.....	Centro Brasileiro da Construção Bouwcentrum
CBCA	.....	Centro Brasileiro da Construção em Aço
CE	.....	Comissão de Estudo de Coordenação Modular da Construção
CGA	.....	Contribuição Geral da Administração
COFINS	.....	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
CPTM	.....	Companhia Paulista de Trens Metropolitanos
CPVC	.....	Policloreto de Vinila Clorado
CSLL	.....	Contribuição Social para o Lucro Líquido
EHIS	.....	Empreendimento de Interesse Social
EPS	.....	<i>Expanded polystyrene insulation</i>
HIS	.....	Habitação de Interesse Social
HMP	.....	Habitação de Moradia Popular
IBGE	.....	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBS	.....	Instituto Brasileiro de Siderurgia
INCC-DI/FGV	.....	Índice Nacional de Custo da Construção, versão DI, da Fundação Getúlio Vargas
IPCA	.....	Índice de Preços ao Consumidor
IPTU	.....	Imposto Predial e Territorial Urbano
IR	.....	Imposto de Renda

ISS	.....	Imposto Sobre Serviços
ITBI	.....	Imposto de Transmissão de Bens Imóveis
LEED	.....	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
LPUOS	.....	Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo
LSF	.....	<i>Light Steel Framing</i>
NB	.....	Norma de Procedimento
NBR	.....	Norma Brasileira
nR	.....	Não Residencial
p.p.	.....	Pontos percentuais
PDE	.....	Plano de Desenvolvimento Estratégico de São Paulo
PEX	.....	Polietileno Reticulado Monocamada
PIS	.....	Programa de Integração Social
PMG	.....	Preço Máximo Garantido
PPR	.....	Polipropileno Copolímero Random
PVC	.....	Policloreto de Vinila
RBV	.....	Receita Bruta de Vendas (idem a VGVB)
RU	.....	Resistente à Umidade
SELIC	.....	Sistema Especial de Liquidação e Custódia
SINDUSCON-SP	.....	Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo
SMT	.....	Secretaria Municipal de Transporte
ST	.....	<i>Standard</i>
Tat	.....	Taxa de Atratividade
TIR	.....	Taxa Interna de Retorno
USP	.....	Universidade de São Paulo
VGVB	.....	Valor Geral de Vendas Bruto
VGVL	.....	Valor Geral de Vendas Líquido
XPS	.....	<i>Extruded polystyrene insulation</i>
ZEU	.....	Zona de Estruturação Urbana

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	1
1.2	OBJETIVO	2
1.3	METODOLOGIA	3
2	O HISTÓRICO DA CONSTRUÇÃO MODULAR.....	8
2.1	DEFINIÇÕES DE MÓDULO E COORDENAÇÃO MODULAR.....	8
2.2	REFERÊNCIAS HISTÓRICAS NO MUNDO.....	8
2.2.1	<i>Primeiro período: da antiguidade ao século XVII d.C</i>	9
2.2.2	<i>Segundo período: da antiguidade ao século XVI a.C à 1850</i>	10
2.2.3	<i>Terceiro período: de 1850 aos tempos atuais</i>	11
2.3	NO BRASIL	12
3	A NORMATIZAÇÃO BRASILEIRA E OS NÍVEIS DE COMPLEXIDADE E ESCALA DA CONSTRUÇÃO MODULAR.....	14
3.1	NORMA 15873:2010.....	14
3.2	NÍVEIS DE COMPLEXIDADE E ESCALA PROPOSTOS PARA A CONSTRUÇÃO MODULAR	16
4	OS PRINCIPAIS SISTEMAS MODULARES	24
4.1	<i>DRYWALL</i>	24
4.1.1	<i>Custos, Prazos, Vantagens e Desvantagens</i>	27
4.1.2	<i>Reflexões sobre o Sistema Drywall</i>	31
4.2	PAINÉIS PRÉ-FABRICADOS DE FACHADA, ESTRUTURADOS EM <i>LIGHT STEEL FRAMING</i>	31
4.2.1	<i>Custos, Prazos, Vantagens e Desvantagens</i>	33
4.2.2	<i>Reflexões sobre o Sistema de Fachada Industrializada</i>	35
4.3	BANHEIRO PRÉ-FABRICADO	36
4.3.1	<i>Custos, Prazos, Vantagens e Desvantagens</i>	37
4.3.2	<i>Reflexões sobre o Sistema Banheiros Prontos</i>	38
4.4	ESTRUTURA METÁLICA.....	39
4.4.1	<i>Custos, Prazos, Vantagens e Desvantagens</i>	40
4.4.2	<i>Reflexões sobre a Estrutura Metálica</i>	43
4.5	RESUMO DAS VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS SISTEMAS MODULARES.....	46

5 ESTUDO DE CASO	49
5.1 DESCRIÇÃO DO PROJETO CHUCRI ZAIDAN	50
5.2 OS SISTEMAS INDUSTRIALIZADOS UTILIZADOS NO MODELO DE ESTUDO	56
5.3 PLANO DE ATAQUE DA OBRA	56
5.4 OS CUSTOS, PRAZOS E CRONOGRAMAS FÍSICO-FINANCEIROS	58
5.4.1 <i>Construção convencional</i>	59
5.4.2 <i>Simulação 01: superestrutura no sistema convencional, com vedações internas e banheiros em drywall e fachada pré-fabricada</i>	63
5.4.3 <i>Simulação 02: superestrutura convencional, fachada e banheiros pré-fabricados</i> 68	
5.4.4 <i>Simulação 03: estrutura metálica, fachada e banheiros pré-fabricados</i>	74
5.5 CONSIDERAÇÕES INICIAIS DA AQI.....	79
5.5.1 <i>Premissas e dados de entrada da AQI</i>	81
5.5.2 <i>AQI da construção convencional</i>	90
5.5.3 <i>AQI da simulação 01</i>	94
5.5.4 <i>AQI da simulação 02</i>	100
5.5.5 <i>AQI da simulação 03</i>	106
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES.....	113
6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS	113
6.2 RECOMENDAÇÕES.....	116
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	117
APÊNDICE I – RESUMO DOS CUSTOS DA OBRA NO SISTEMA CONVENCIONAL DE CONSTRUÇÃO	120
APÊNDICE II – COMPARATIVO DE CUSTOS DA FACHADA CONVENCIONAL COM A PRÉ-FABRICADA EM CHAPA DE <i>ULTRAWALL</i>.....	122
APÊNDICE III – COMPARATIVO DAS VEDAÇÕES INTERNAS EM ALVENARIA COM DYWALL	124
APÊNDICE IV – COMPARATIVO DE CUSTOS DO BANHEIRO CONVENCIONAL EM <i>DRYWALL</i> COM O BANHEIRO PRONTO	126
APÊNDICE V – COMPARATIVO DA SUPERESTRUTURA CONVENCIONAL COM METÁLICA	129

**ANEXO I – PROPOSTA COMERCIAL DA EMPRESA NFI PARA O
FORNECIMENTO DE BANHEIROS PRONTOS.....135**

1 INTRODUÇÃO

Nas seções secundárias seguintes é apresentado o contexto do estudo, que descreve o ambiente em que está inserida a análise dos sistemas modulares pré-fabricados. Na sequência é apresentado o objetivo do trabalho, que tem como foco central pesquisar se os sistemas industrializados são válidos como investimento e, por último, é detalhada a metodologia do trabalho para se alcançar o objetivo e os resultados esperados.

O termo “sistema modular”, que será tratado ao longo do trabalho, abrange o conceito do sistema pré-fabricado, por ser produzido fora do ambiente em que será destinado, e porque segue as dimensões do “módulo”, que será apresentado no capítulo 2.

1.1 Contextualização

Segundo BERTRAM, *et al.* (2019), durante décadas a construção civil perdeu espaço frente aos outros setores da indústria, no quesito desempenho produtivo. Isto ocorreu, provavelmente por efeito das soluções construtivas utilizadas exigirem muita mão de obra e apresentarem baixa produtividade, encarecendo o custo do empreendimento e aumentando os prazos de entrega das obras aos clientes.

Embora a construção modular não seja um conceito novo, esta tem atraído interesses e investimentos, com mudanças no ambiente tecnológico e econômico, de empresas do setor imobiliário. Empreendimentos modulares recentes já estabeleceram um sólido histórico de aceleração do cronograma da obra em 20% a 50% (BERTRAM, N.; FUCHS, S.; MISCHKE, J.; PALTER, R.; STRUBE, G.; WOETZEL, J., 2019). A abordagem também tem o potencial de gerar economias de custos significativas, tais como a redução do prazo de obra, menores desperdícios de materiais e redução na equipe de mão de obra do canteiro.

A habitação industrializada alcançou ainda uma posição sustentável, devido ao uso de materiais renováveis e a redução dos desperdícios. Está presente em alguns lugares como Escandinávia e o Japão e auxiliou na reconstrução de países como os Estados Unidos e Reino Unido no pós-guerra (BERTRAM, N.; FUCHS, S.; MISCHKE, J.; PALTER, R.; STRUBE, G.; WOETZEL, J., 2019).

Atualmente, com a evolução da indústria de pré-fabricados, estão surgindo novos materiais e tecnologias digitais, que aprimoram os recursos e a variabilidade do projeto, melhoram a precisão e a produtividade na fabricação e facilitam a logística. Contrariando a antiga reputação de moradias pré-fabricadas como uma opção esteticamente disforme, barata

e de baixa qualidade, alguns construtores estão se concentrando em sustentabilidade, estética, e melhor conforto térmico e acústico.

Vários fatores determinam se um mercado provavelmente adotará as construções modulares de forma sistêmica, sendo os três maiores resolutivos: (i) a demanda imobiliária, que sob condições econômicas favoráveis ao setor do *real estate*, pode gerar pressão no aumento dos custos e aumento dos prazos de entrega nos empreendimentos, devido à escassez de mão de obra, materiais e equipamentos; (ii) a disponibilidade de uma cadeia de suprimentos para a utilização dos sistemas industrializados e (iii) os custos relativos de mão de obra qualificada na construção. Em grandes metrópoles como São Paulo e Rio de Janeiro, a escassez e o aumento dos custos de mão de obra, para a execução de construções convencionais, em períodos de aquecimento do setor imobiliário, juntamente com a demanda pela construção de grandes obras se cruzam, tornando esse modelo particularmente atrativo.

Capturar todos os benefícios de custo e produtividade da construção modular não é uma proposta simples. Requer uma avaliação cuidadosa da escolha dos materiais; encontrar a solução certa entre painéis 2D, módulos 3D e projetos híbridos; e dominar os desafios de design, fabricação, tecnologia, logística e montagem. Além disso, depende se os construtores operam em um mercado no qual podem atingir escala de produto e repetições. Os investidores do mercado de *real estate* e os reguladores públicos também podem facilitar uma mudança na estrutura da indústria.

Ainda hoje, em alguns países, a construção modular apresenta-se como sendo um tanto quanto desconhecida. Contudo há indícios de que esta poderia ser uma verdadeira ruptura em larga escala, podendo propiciar ganhos de prazo e custo se inserida mais amplamente e de modo adequado. Um bom exemplo é a construção de prédios residenciais com a aplicação da fachada pré-fabricada.

1.2 Objetivo

O presente trabalho objetiva apresentar os sistemas modulares pré-fabricados como uma opção construtiva, por meio da apresentação de análises comparativas entre os custos, prazos, vantagens e desvantagens, e análises dos investimentos e da qualidade dos investimentos para crescentes graus de complexidade no uso de sistemas modulares, usando como base de aferição dos resultados, a construção convencional. O local de estudo será a cidade de São Paulo, onde será analisado um empreendimento de uso misto, enquadrado no segmento econômico, de múltiplos andares, atualmente em fase de projeto.

Esta pesquisa poderá servir, ainda, de base para a elaboração de diferentes linhas de pesquisa, como por exemplo: novas tecnologias e modelos de negócios, delegando aos empreendedores a faculdade de decidir quanto à pertinência, ou não, do embarque dos sistemas modulares nos empreendimentos.

Espera-se que os resultados aqui produzidos possam promover melhorias na concepção dos futuros empreendimentos do setor do *real estate*, quanto aos projetos e ao planejamento construtivo.

1.3 Metodologia

A metodologia foi sustentada e fundamentada por meio de pesquisas de referencial teórico e bibliográfico:

- (i) **histórico da construção modular e sobre os custos, prazos, vantagens e desvantagens dos sistemas pré-fabricados:** teses, artigos, monografias e livros tais como GREVEN, H.; BALDAUF, A. (2007), *Introdução à Coordenação Modular da Construção no Brasil: Uma Abordagem Atualizada* e ROCHA, A. C. *Análise Comparativa de Planejamento e Custo de Fachadas de Edifício de Múltiplos Pavimentos com as Tecnologias Tradicional e com Chapas Delgadas Estruturadas em Light Steel Framing*.
- (ii) **informações técnicas dos sistemas pré-fabricados:** pesquisas às fontes eletrônicas disponíveis em meios de comunicação on-line, tais como, o artigo de BERTRAM, *et al.* (2019). *Modular Construction: From Projects to Products*.
- (iii) **elaboração dos custos e prazos do estudo de caso:** requisitos comerciais da empresa NFI, apresentado no Anexo I, e estudos de custos e prazos, formulados juntamente com as empresas fabricantes de sistemas industrializados, tais como Saint Gobain, NFI e BMC Construções Metálicas.
- (iv) **elaboração do planejamento físico do estudo:** a empresa Produtime, juntamente com a engenharia da Yuny Incorporadora, simularam os planejamentos necessários à obra para cada método construtivo do estudo de caso.

Com base nos dados obtidos nas fontes de pesquisa citadas e com o intuito de se alcançar os objetivos propostos, o trabalho foi dividido em 5 partes principais, detalhadas a seguir:

Capítulo 2 - O histórico da construção modular no Brasil e no mundo.

O histórico faz-se necessário para entender o que levou a demanda para este nível de industrialização, por isso foi traçada uma linha do tempo com os principais marcos históricos deste desenvolvimento, à partir do século XIX.

Capítulo 3 – A normatização brasileira e os níveis de complexidade e escala da construção modular.

Neste tópico são apresentados os principais conceitos da única norma brasileira que trata exclusivamente da coordenação modular, a NBR 15873:2010 – Coordenação Modular para Edificações, em vigor até o momento e que substituiu 25 normas anteriores que versavam sobre o assunto.

Com relação aos níveis de complexidade e escala, o capítulo apresenta o trabalho de BERTRAM, *et al* (2019), *Modular Construction: From Projects to Products*, que sugere três níveis de complexidade para a construção modular, seguindo a ordem crescente de: peças estruturais, sistemas pré-acabados e sistemas totalmente funcionais; e divididos em 4 escalas de fabricação, na seguinte progressão: unidade individual, painéis, unidades volumétricas e estruturas completas. A construção artesanal equivale ao nível zero de complexidade, quando trata-se de sistemas industrializados, e pode ser traduzida, por exemplo, por uma mistura manual de areia com cimento e água, para a obtenção de uma argamassa ou a aplicação manual de um emboço na parede.

Adicionalmente ao trabalho de BERTRAM, *et al* (2019), o nível de complexidade nos sistemas industrializados é entendido como a graduação na precisão das medidas modulares; e o grau de dificuldade no planejamento da obra, de forma que se estabeleça uma sequência adequada de montagem e instalação de cada componente modular no canteiro de obras. Como exemplo, o sistema de *drywall* para as vedações internas possui uma menor complexidade de planejamento e compatibilização do que um banheiro pré-fabricado, como poderá ser verificado no capítulo 4.

Capítulo 4 – Os principais sistemas modulares.

Buscou-se a identificação das principais soluções modulares que estão inseridas no contexto do *real estate* brasileiro, retratando os custos, prazos, vantagens e desvantagens de cada uma, por meio da análise bibliográfica de trabalhos acadêmicos como o de ROCHA, A. C. Análise Comparativa de Planejamento e Custo de Fachadas de Edifício de Múltiplos Pavimentos com as Tecnologias Tradicional e com Chapas Delgadas Estruturadas em *Light Steel Framing* (2017). Não obstante, foram levantados e analisados os riscos de cada sistema pré-fabricado, buscando-se o entendimento dos possíveis impactos que cada método

construtivo poderia gerar ao custo, prazo e velocidade de vendas do empreendimento, sendo que neste último caso, um menor prazo de obras pode, por exemplo, resultar em uma tabela de vendas mais curta ou possibilitar um maior prazo de lançamento.

Ao término da apresentação de cada sistema, foram elencados os principais benefícios e riscos que o incorporador está sujeito ao utilizar os métodos construtivos modulares em oposição às soluções convencionais.

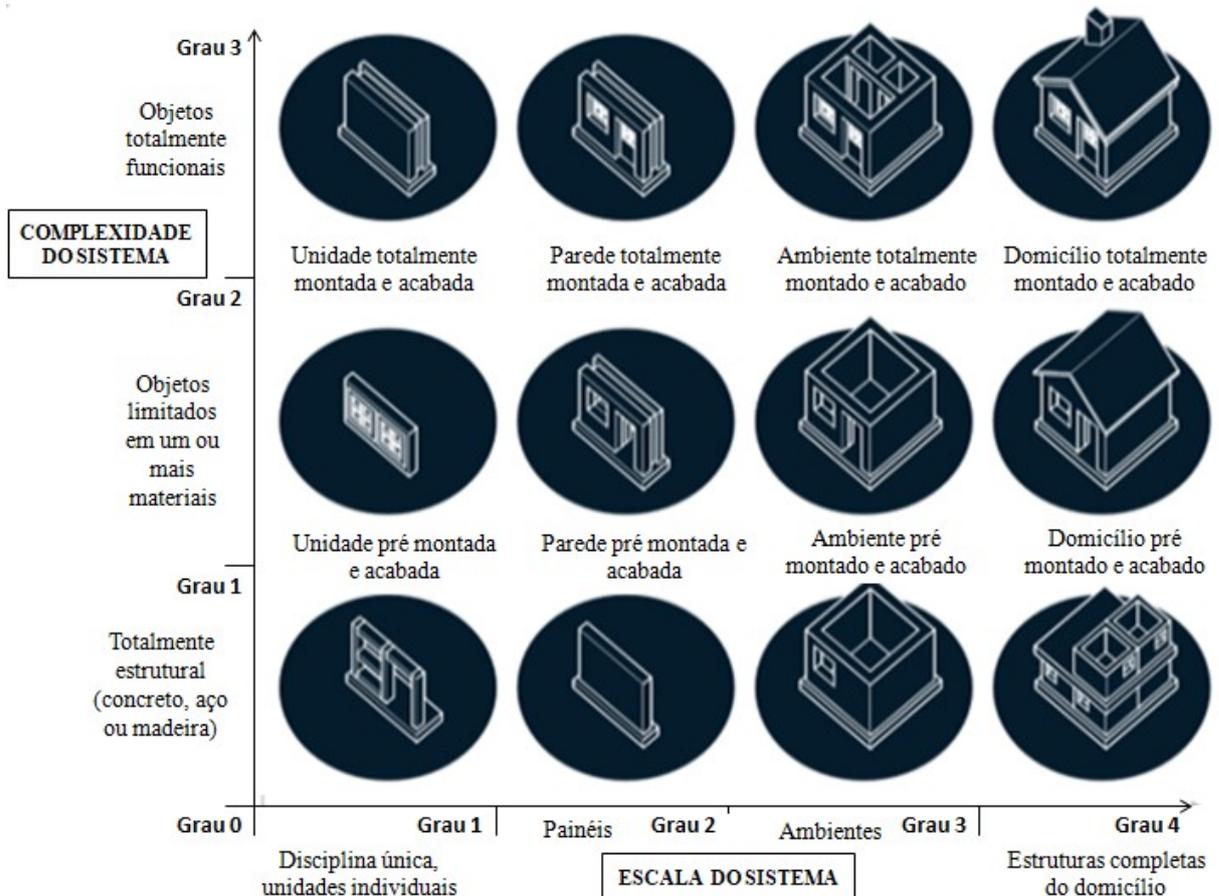
Capítulo 5 – Estudo de caso.

Como metodologia de pesquisa, foi realizado o estudo de um empreendimento, atualmente em fase de projeto, desenvolvido pela Yuny Incorporadora S.A. e localizado na região metropolitana de São Paulo, que se enquadra no segmento econômico. O empreendimento foi escolhido para as simulações de soluções modulares, pois a incorporadora objetiva reduzir o prazo de execução da obra, atualmente em 37 meses no sistema convencional, devido ao permutante ter optado por permanecer na edificação existente, durante o período de obras.

Na descrição do empreendimento é apresentada a ficha técnica do produto, quanto as suas principais características e os respectivos atributos embarcados, além do quadro de áreas, conforme NBR 12.721/2015 e do memorial descritivo de construção. Posteriormente foram simulados os custos pela equipe de engenharia da Yuny e os prazos, em parceria com a empresa de planejamento Produtime, a que o empreendimento está sujeito, por meio da aplicação de até quatro sistemas pré-fabricados simultâneos, correspondentes ao *drywall*, fachada pré-fabricada, banheiros industrializados e estrutura metálica.

A fim de formular a Análise da Qualidade de Investimentos (AQI), foram estabelecidos os parâmetros econômicos a que o projeto está sujeito e os intervalos da taxa interna de retorno (*tir*) e margem sobre os preços de venda, aceitáveis pelo incorporador, para validação do investimento. Os estudos dos sistemas modulares seguem uma ordem crescente de escala e complexidade do sistema construtivo, de acordo com o estudo de BERTRAM *et al* (2019), apresentado a seguir:

Figura 1 - Comparação de abordagens por meio da escala e complexidade da construção modular



Fonte: Adaptado pelo autor de BERTRAM et al, 2019, p.8.

- i Construção convencional: definido como superestrutura em concreto armado, em laje plana moldada *in loco*, com vedações internas em alvenaria, revestidas em argamassa, gesso liso e pintura, e vedações externas em alvenaria, revestidas com argamassa e pintura.
O empreendimento é classificado como grau 0 de complexidade e 0 em escala, por não ter soluções modulares para as estruturas, vedações, instalações e fachadas.
- ii Simulação 1: substituição das alvenarias de vedação interna pelo sistema *drywall* e troca da alvenaria de fachada com massa única e textura pelo sistema de fachada em painéis modulares.
O empreendimento é classificado como grau 2 de complexidade e 2 em escala, por ter vedações e fachadas modulares pré-acabados.
- iii Simulação 2: substituição dos banheiros montados *in loco* no sistema *drywall* por módulos de banheiros prontos, totalmente acabados.

O empreendimento é classificado como grau 2 de complexidade e 3 em escala, por ter o sistema volumétrico de banheiro pronto que, após a sua instalação, apenas precisa dos fechamentos externos em *drywall* e a conexão de suas instalações hidráulicas e elétricas na prumada hidráulica da edificação e no quadro elétrico da unidade privativa.

- iv Simulação 3: alteração da superestrutura em concreto por estrutura metálica, com laje em painéis pré-fabricados.

O empreendimento é classificado como grau 2 de complexidade e 4 em escala, por ter a estrutura, as vedações internas, fachadas e banheiros prontos construídos em sistemas pré-fabricados, constituindo uma estrutura completa, porém pré-acabada.

Nos estudos foram analisados e apresentados os riscos quanto à variação de indicadores econômicos e financeiros, quanto à cadeia de suprimentos e à oferta de mão de obra qualificada, inerentes aos sistemas construtivos utilizados. Com base nesta análise, foram estabelecidos distintos intervalos de flutuação para o stress em determinadas variáveis: custos, prazos e velocidades de vendas. Adicionalmente foram identificados os possíveis pontos de reconhecimento de valor, que possibilitam a prática de preços maiores, seja por um aumento na receita de vendas ou por uma maior valorização do produto perante os concorrentes, devido às vantagens tecnológicas embarcadas em cada metodologia construtiva.

Posteriormente, com base nestas informações, foi elaborado o balanço e o resumo dos indicadores econômicos e financeiros referentes ao cenário referencial, de cada empreendimento e realizada uma análise de riscos baseada no intervalo de flutuação para o stress em determinadas variáveis, utilizando-se o método de Monte Carlo. Após a identificação dos valores de 100 amostras de uma curva normal, com 90% de probabilidade de ocorrência, foram construídos os cenários estressados dos indicadores econômicos e financeiros de cada simulação, com o objetivo de possibilitar o entendimento de cada metodologia construtiva como uma opção ou não de investimento.

Ao final das simulações, a engenharia da Yuny Incorporadora justifica a opção pelo método construtivo, por meio da apresentação de um resumo comparativo entre os resultados financeiros, vantagens e desvantagens de cada sistema de construção.

Capítulo 6 – Considerações Finais.

Nesta etapa final do trabalho, será feita a avaliação se o objetivo foi atingido, os resultados obtidos em cada sistema construtivo e qual foi o método construtivo escolhido pela engenharia da Yuny para a execução do empreendimento, por meio de uma argumentação

sustentada na análise dos custos, prazos, vantagens e desvantagens e nos indicadores da qualidade de investimento.

2 O HISTÓRICO DA CONSTRUÇÃO MODULAR

Com o objetivo de constatar que o conceito de construção modular está presente há séculos no cotidiano da sociedade e apresenta-se em constante evolução, o capítulo evidencia a origem da palavra módulo e apresenta os aspectos históricos, por meio de um breve resumo cronológico, relatando alguns dos principais marcos construtivos da construção modular, desde a civilização egípcia até os tempos atuais, no Brasil e no mundo.

2.1 Definições de módulo e coordenação modular

Com origem no latim, *modulus*, a palavra MÓDULO significa:

- Unidade de medida adotada para regular as proporções das diversas partes da edificação¹.

Posteriormente, associado à palavra módulo, surge o termo COORDENAÇÃO MODULAR que, de acordo com a norma brasileira NBR-15873 (ABNT, 2010, p.1), consiste em: “coordenação dimensional mediante o emprego do módulo básico ou de um multimódulo”.

Historicamente, o uso de um módulo aparece na arquitetura em uma interpretação clássica dos gregos, sob um caráter estético e dos romanos, sob um caráter estético-funcional (ROSSO, 1976).

2.2 Referências históricas no mundo

Segundo Bregatto (2005) a história da construção modular pode ser dividida em três etapas cronológicas:

- 1º período: da antiguidade até o século XVI, fase em que se destaca a “modulação compositiva”, com ênfase nas construções egípcias, gregas e romanas.
- 2º período: do século XVI até 1850, fase marcada pela “produção e concepção”, na qual a obra Palácio de Cristal, em Londres é um exemplo de marco histórico.

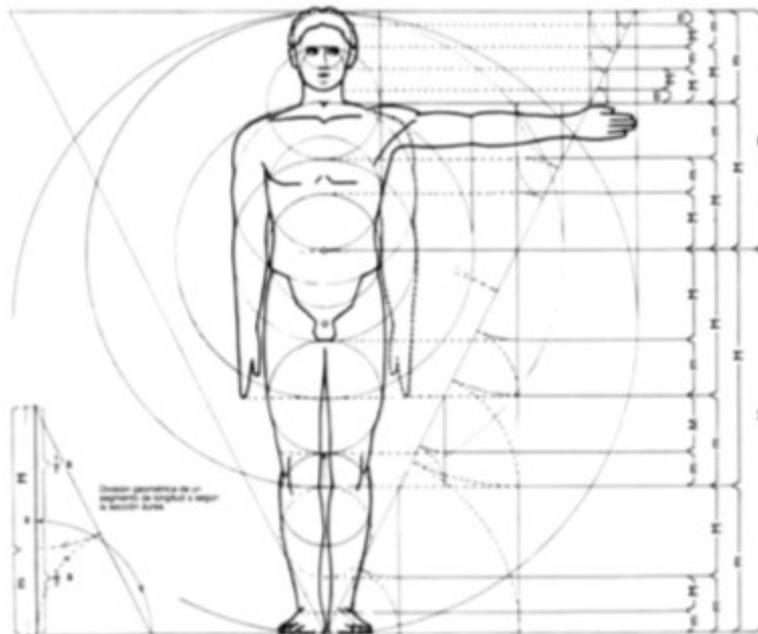
¹ Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br/>>. Acesso em 29 de março de 2020.

- 3º período: de 1850 até os tempos atuais, caracteriza-se pela ênfase na “coordenação modular”. A arquitetura neste período baseia-se a partir da finalidade da indústria da construção, da necessidade da coordenação das dimensões da normatização e da pré-fabricação dos elementos da construção.

2.2.1 Primeiro período: da antiguidade ao século XVII d.C

No período clássico, compreendido entre os séculos V e IV a.C, no qual a civilização grega conseguiu alcançar o ápice de seu desenvolvimento cultural, tendo Atenas como principal cidade-estado, foi o momento em que surge o conceito do homem como medida do universo: “o homem é a medida de todas as coisas; daquelas que são enquanto são e daquelas que não são enquanto não são” (PARMÊNIDES, século V a.C).

Figura 2 – O ser humano como medida da arquitetura



Fonte: Página da Archdaily².

Segundo Coelho G. e Bruno F. (2016), a partir de que o homem é a medida de todas as coisas, os gregos estabelecem que as partes (OS MÓDULOS) devem se relacionar

² Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/623095/o-ser-humano-como-medida-da-arquitetura>>. Acesso em 21 de março de 2020.

dialeticamente com os elementos da arquitetura, no qual a escala humana determinará o arquétipo estético.

2.2.2 Segundo período: da antiguidade ao século XVI a.C à 1850

A revolução industrial no século XVIII, que inicialmente começou na Inglaterra e posteriormente expandiu-se para os demais países, materiais como o aço e equipamentos como a máquina à vapor elevaram a construção civil a um novo patamar tecnológico, induzindo a indústria à fabricação de elementos pré-fabricados, com formatos pré-definidos, de acordo com a finalidade do projeto e imprimindo uma maior racionalidade na logística construtiva.

O primeiro marco histórico como obra modular neste período, foi o “Palácio de Cristal”, projetado por Joseph Paxton e edificado nos anos de 1850 e 1851 para a exposição universal de Londres no Hyde Park, cuja meta imposta pelo comitê era a construção do projeto no prazo em surpreendentes nove meses e que fosse desmontável. Os objetivos foram atingidos e a partir desse momento, arquitetos e engenheiros de diversas escolas e nacionalidades, suscetíveis às modificações provocadas pela industrialização crescente e pela produção em escala, começaram e submeter os projetos de arquitetura a um complexo trabalho de revisão, com o objetivo de prover os recursos da industrialização a serviço de uma nova revolução, a social, cujos anseios deveriam ser satisfeitos, afirma ROSSO (1976).

Figura 3 - Palácio de Cristal em Londres



Fonte: Página do Pinterest ³.

³ Disponível em: <<https://br.pinterest.com/pin/670966044458307656/>>. Acesso em: 21 de março de 2020.

A dimensão dos módulos foi condicionada pelas dimensões com que se produziam as placas de vidro, que à época eram de cerca de 240 cm², resultando numa malha que ordenava os diversos elementos segundo múltiplos e submúltiplos desta unidade, GREVEN e BALDAUF (2007).

2.2.3 Terceiro período: de 1850 aos tempos atuais

De acordo com CAPORIONI; GARLATTI e TENCA-MONTINI (1971), Alfred Farwell Bemis, engenheiro civil e industrial de Boston, foi o primeiro a desenvolver a perspectiva de utilização de um módulo com objetivo de uso na indústria moderna, quando em 1936, apresenta os primeiros estudos de uma nova metodologia construtiva, o qual denominou como “método modular cúbico”, por meio de sua obra literária *Racional Design*, na qual expõe os princípios de uma teoria de coordenação modular, GREVEN e BAULDAUF, (2007). A publicação é resumida segundo ROSSO, (1976), pela premissa de que todos os elementos que satisfaçam a conjuntura de possuírem dimensões múltiplas de uma medida comum são comensuráveis entre si e, portanto, também o são em relação à construção, quando passam a serem integrados.

Em seu trabalho, Bemis, (1936) sugere a medida de 4 polegadas para o módulo, pois entendia que esta dimensão era a dimensão mais racional, a mesma que já havia sido indicada pelo americano Fred Head em 1925, pois era uma medida que se relacionava bem com as dimensões das casas pré-fabricadas em madeira. As ideias de Bemis refletiram pelos estados Unidos e pela Europa, LISBOA (1970).

Neste momento, Le Corbusier, (1948) apresenta o seu livro “*Le Modulor*”, que definia um sistema de proporções antropomórficas, harmonizando as características do ser humano com as dimensões industrializadas, ALMEIDA (2011). Paralelamente, Ernest Neufert elaborou um estudo a respeito da coordenação dimensional, na qual a dimensão básica de 12,5 cm foi utilizada na reconstrução da Alemanha, após a segunda guerra mundial, GREVEN e BALDAUF (2007).

Posteriormente, em agosto de 1955, por meio da convenção realizada pela AEP foi anunciado que, para os países que adotavam o sistema métrico, a medida básica do módulo em 10 cm e, para os países que adotavam o sistema de polegadas, a medida básica do módulo em 4 polegadas ou 10,4 cm, com exceção da Alemanha, onde ainda coexiste o sistema desenvolvido por Neufert.

Figura 4 - Publicação das primeiras normas de coordenação modular

País	Módulo	Ano
França	10 cm	1942
Estados Unidos	4 polegadas	1945
Bélgica	10 cm	1948
Finlândia	10 cm	1948
Itália	10 cm	1949
Polônia	10 cm	1949
Brasil	10 cm	1950
Bulgária	10 cm	1951
Alemanha	12,5 cm e 10 cm	1951
Noruega	10 cm	1951
Hungria	10 cm	1951
Suécia	10 cm	1952
Portugal	10 cm	1953
União Soviética	10 cm	1954
Grécia	10 cm	1955
Romênia	10 cm	1956
Austria	10 cm	1957
Iugoslávia	10 cm	1958
Dinamarca	10 cm	1958
Tchecoslováquia	10 cm	1960
Bielorrússia	10 cm	1962
Holanda	10 cm	1965
Inglaterra	4 polegadas	1966

Fonte: BALDAUF, 2004 adaptado de TECHNISCHE HOCHSCHULE

2.3 No Brasil

O Brasil foi um dos países pioneiros no estudo e formulação de uma norma com foco na construção modular, dispondo de uma publicação em 1950 sob o título NB-25R: “Modulação das Construções” e adotando o módulo base na medida de 10 cm, porém não conseguiu mobilizar equipes e materiais para a continuidade dos estudos, diferentemente do que ocorreu na Europa e Estados Unidos.

Em 1969, a norma NB-25 foi revisada e sucedeu a se chamar “Coordenação Modular da Construção – bases, definições e condições básicas”, cujo objetivo era implantar uma metodologia no país por meio da dinamização da norma, divulgação em âmbito nacional, além da ampliação da coordenação entre as entidades relacionadas com a construção. O BNH contratou a CBC para a formulação de um plano de implantação da coordenação modular, da qual a programação sucedeu-se por meio das etapas de coletas de dados, estudos teóricos de diversos componentes e, por fim, o desenvolvimento de manuais para fabricantes e projetistas,

além da aplicação de cursos e o desenvolvimento de construções em canteiros experimentais, sendo que esta última etapa não se encontram registros que discorram de sua aplicação, Greven e Bauldauf (2007).

Entre os anos de 1977 a 1982, foram produzidas 26 normas pelo CB-02 e pelo CE-2:02.15, sendo que a única norma revisada até 2009 foi a NBR 5712: Bloco vazado modular de concreto de 1982. No entanto, Greven e Bauldauf (2007) afirmaram: as normas sobre o assunto são incipientes, pouco claras e pouco objetivas, provocando dúvidas quanto à sua interpretação e tornando sua viabilidade frágil.

O fato de as NBRs não especificarem dimensões para os componentes e vãos é provavelmente um dos motivos pelos quais elas não sejam respeitadas, o que se agrava pelo fato de que grande parte dos intervenientes da cadeia da indústria da construção civil desconhece sua existência e os conceitos do que seja a Coordenação Modular. As normas de Coordenação Modular nem ao menos são citadas como complementares nas demais normas brasileiras, e a terminologia usada em cada uma delas não é padronizada (Greven e Baudalf, 2007, p. 60).

Em 2010, a ABNT reúne as normas técnicas que tratavam do escopo da coordenação modular e as condensa em uma única norma, a NBR 15873:2010, que vem de encontro aos anseios de industrialização da construção civil, pois tem como objetivo a padronização das dimensões dos componentes, de forma a evitar ajustes e retrabalhos no canteiro de obras.

Devido à importância atual desta norma, o próximo capítulo descreve os principais pontos do texto, a fim de criar uma sustentação teórica para os tópicos subsequentes.

3 A NORMATIZAÇÃO BRASILEIRA E OS NÍVEIS DE COMPLEXIDADE E ESCALA DA CONSTRUÇÃO MODULAR

O objetivo deste capítulo é apresentar os principais conceitos da NBR 15873:2010 – Coordenação Modular para Edificações, em vigor até o momento e que substitui 25 normas anteriores que versavam sobre o assunto. De forma adicional, serão também apresentadas as divisões propostas na publicação de BERTRAM *et al*, (2019) quanto aos níveis de complexidade e escala, propostos para a construção modular. O embasamento teórico é importante para entender o conceito em voga e entender o capítulo 4, que apresenta os principais sistemas construtivos modulares aplicados no estudo de caso, descrito no capítulo 5.

3.1 Norma 15873:2010

A norma 15873:2010 objetiva promover a coordenação dimensional por meio de uma medida padrão, o módulo básico de 100 mm, estabelecendo requisitos para a compatibilização dos elementos na construção civil. Os princípios desta coordenação não são de caráter obrigatório, cabendo aos responsáveis pelos projetos e fabricação a definição da amplitude de sua aplicação em cada caso.

A norma caracteriza-se de acordo com 20 termos e suas definições, desde a definição do componente construtivo até o conceito de medidas, descritos abaixo:

- Medida de coordenação: dimensão do espaço de coordenação de um elemento. Ex.: kit hidráulico para um quadro aquecedor de sobrepor: 40 cm de largura x 100 cm de altura.
- Módulo básico: menor dimensão linear, com 10 cm e representado pela letra “M”.
- Medida modular: dimensão cujo valor é igual ao módulo básico ou multimódulo (múltiplos inteiros do módulo básico). Ex.: kit hidráulico para um quadro aquecedor de sobrepor: 4M de largura e 10M de altura.
- Medida nominal: dimensão esperada de um objeto, definida antes da fabricação e execução. Ex: painel de 59 cm de largura x 119 cm de altura x 9 cm de espessura
- Medida real: dimensão obtida após a montagem do elemento.
Ex.: painel de 58,4 cm de largura x 118,2 cm de altura x 8,7 cm de espessura.

Já os espaços de modulação e coordenação modular, são definidos por meio da seguinte fórmula:

$$M_c = M_n + A_c, \text{ onde:}$$

M_c é a medida de coordenação do elemento;

M_n é a medida nominal;

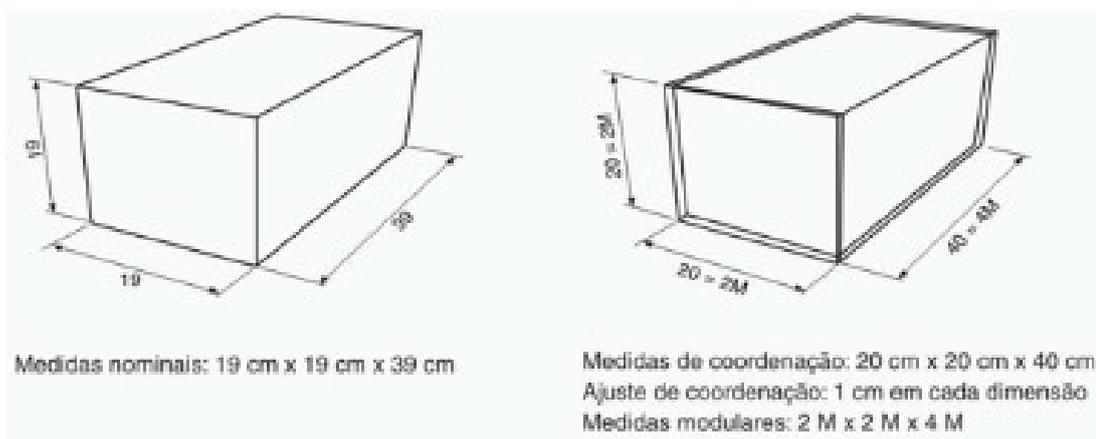
A_c é o ajuste de coordenação, que considera suas folgas devido às deformações mecânicas, térmicas ou por umidade e suas tolerâncias, decorrentes do processo de fabricação, montagem e união com os elementos vizinhos.

Quanto às medidas de fabricação dos componentes, o cálculo é obtido por meio da seguinte sequência:

1. Determinam-se as medidas modulares dos elementos.
2. Determinam-se os ajustes de coordenação.
3. Subtraem-se os ajustes de coordenação de cada medida modular, obtendo-se as medidas nominais.

Elementos não modulares são admitidos desde que complementados por outros componentes que resultem em conjuntos modulares, ou seja, que a soma das medidas resulte em um múltiplo de M .

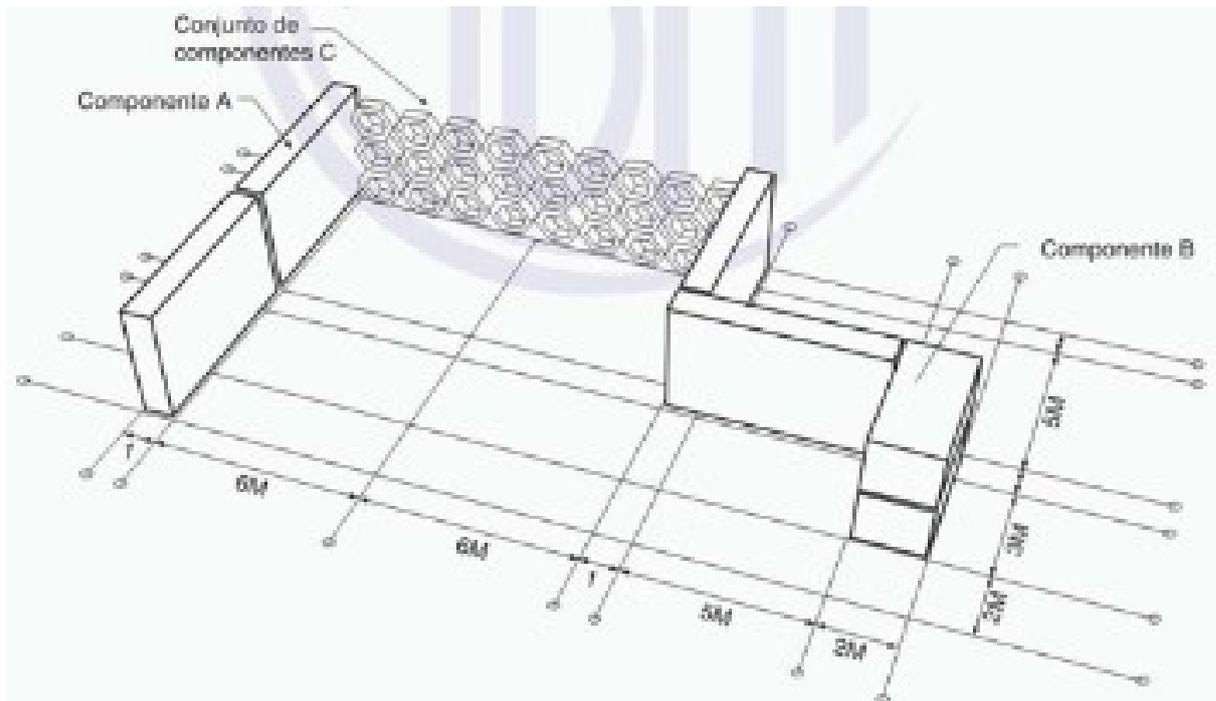
Figura 5 - Elemento modular com ajuste de coordenação



Fonte: ABNT NBR 15873, 2010, p. 6.

O posicionamento dos elementos modulares é realizado por meio dos sistemas de referência, que são sistemas geométricos formados por planos ortogonais, dispostos em 3 dimensões: largura, altura e profundidade. O objetivo é obterem-se distâncias entre planos paralelos que sejam iguais ou múltiplos do módulo básico de 10 cm.

Figura 6 - Elementos posicionados de acordo com um sistema geométrico



Fonte: ABNT NBR 15873, 2010, p. 8.

3.2 Níveis de complexidade e escala propostos para a construção modular

O número de soluções e sistemas construtivos envolvidos na construção modular é significativo, abrangendo soluções simples como elementos singulares, tais como painéis de fachada, que são unidos por meio de conexões, até sistemas complexos que se apresentam como módulos multifuncionais, como por exemplo, os apartamentos totalmente concebidos e decorados.

De acordo com BERTRAM *et al.* (2019), os sistemas estão divididos em bidimensionais (2D), para as unidades individuais e painéis, nos quais a dimensão “profundidade” não é representativa, podendo ter ou não aberturas (ex.: painéis de fachada com aberturas para janela) e tridimensionais (3D), para os ambientes e domicílios inteiros, referindo-se como exemplo os banheiros pré-fabricados ou prontos. Os graus de escala e complexidade podem ser lidos no intervalo de 1 a 4 para a “escala” e 1 a 3 para a “complexidade” sendo a construção manual, como por exemplo, a elevação de uma parede em alvenaria, o grau zero.

Diversos materiais podem ser usados de forma separada ou híbrida, tais como o *drywall*, o aço, o alumínio e a madeira (BERTRAM *et al.* 2019).

Tanto os sistemas 2D como os sistemas 3D e os sistemas híbridos, 2D e 3D, possuem vantagens e desvantagens, devendo o construtor estudar a metodologia mais eficiente em termos de custo-benefício de acordo com a tipologia da edificação.

Os sistemas 2D possuem a vantagem de serem mais fáceis de serem transportados e mais flexíveis quanto a ajuste a diferentes modulações de *layouts*, podendo se acoplar a outros sistemas ainda no ambiente fabril, como por exemplo, os painéis pré-fabricados de fachada, que podem ser fornecidos já com as esquadrias de alumínio montadas ou as paredes em *drywall*, montadas com kits de instalações hidráulicas e elétricas. O trabalho de instalação na obra é mais simples, mais rápido, pode ser testado na fábrica e gera menos entulhos do que os sistemas convencionais. Trata-se de um sistema interessante, principalmente para a execução de vedações internas e externas.

Quanto às desvantagens, nota-se que os elementos bidimensionais como, por exemplo, os painéis de fachada, possuem baixa tolerância às diferenças executivas em relação aos projetos, já que não conseguem absorver grandes diferenças de prumo na fachada da estrutura.

Outro ponto de atenção é a logística de entrega, que precisa ser dimensionada para receber os painéis no canteiro e protegê-los contra intempéries, além do correto dimensionamento do transporte vertical, visto a alta produtividade que o sistema modular demanda. Um terceiro ponto que pode ser elucidado é quanto a eventuais defeitos de fábrica. Este é um item de grande atenção, pois quanto maior a complexidade e escala do sistema modular, mais difícil e oneroso serão os reparos no método de construção industrializado, podendo inclusive gerar paralisações na linha de produção da obra.

Já os sistemas tridimensionais são mais complexos, porém imprimem uma maior velocidade na produção da obra devida apenas a necessidade do encaixe dos módulos 3D aos demais elementos e em função de precisarem de menos acabamentos finais do que as soluções bidimensionais. Em projetos já concebidos de obras prediais, principalmente as hoteleiras, é comum a adoção do sistema de banheiros pré-fabricados. São metodologias construtivas ideais para a construção de hospitais, hotéis, albergues, moradias estudantis e unidades unifamiliares.

Em contrapartida, adicionalmente às dificuldades apresentadas no sistema bidimensional, as construções em 3D são dotadas geralmente de elementos mais pesados, com o transporte mais complexo e que demandam uma logística mais apurada. Em função destes pontos, a sua viabilidade depende de uma solução mais integrada com os projetos de forma a se evitem contratempos. Um exemplo é o próprio caso do banheiro pronto, que exige uma liberdade de pé-direito no apartamento para que os módulos sejam deslocados internamente

no pavimento, fator este que sugere o estudo de lajes planas na solução de concreto armado, devido à ausência de vigas.

O sistema híbrido é a combinação da solução 2D e 3D, cujo objetivo é atingir o melhor custo-benefício, utilizando-se dos pontos positivos de cada sistema. Um bom exemplo é a utilização de módulos 3D de lances de escada pré-fabricados, juntamente com o sistema 2D de vedações internas e externas. Pode-se ainda montar uma estrutura metálica com módulos 3D de unidades residenciais intergradados, encaixando-se como blocos.

Com relação às desvantagens, o sistema híbrido pode ser impactado negativamente na logística de instalação de um dos sistemas envolvidos, visto que a composição construtiva resultante depende ao menos de dois sistemas construtivos. Adicionalmente, a solução final também está sujeita às dificuldades dos sistemas bidimensionais e tridimensionais.

Na figura a seguir, BERTRAM *et al.* (2019), apresenta os requisitos de projeto para a aplicação dos sistemas modulares 2D e 3D, sugerindo a aplicação de sistemas bidimensionais com maior ênfase em habitações unifamiliares, devido a maior necessidade de flexibilidade nos projetos. Já a utilização de sistemas tridimensionais é mais indicada para prédios baixos a médios, de apartamentos e/ou hotéis, devido à possibilidade de padronização das unidades, que originam uma repetição das tipologias de apartamentos e podem gerar uma redução nos custos de construção.

Figura 7 - Requisitos de projeto que determinam a solução dos sistemas modulares

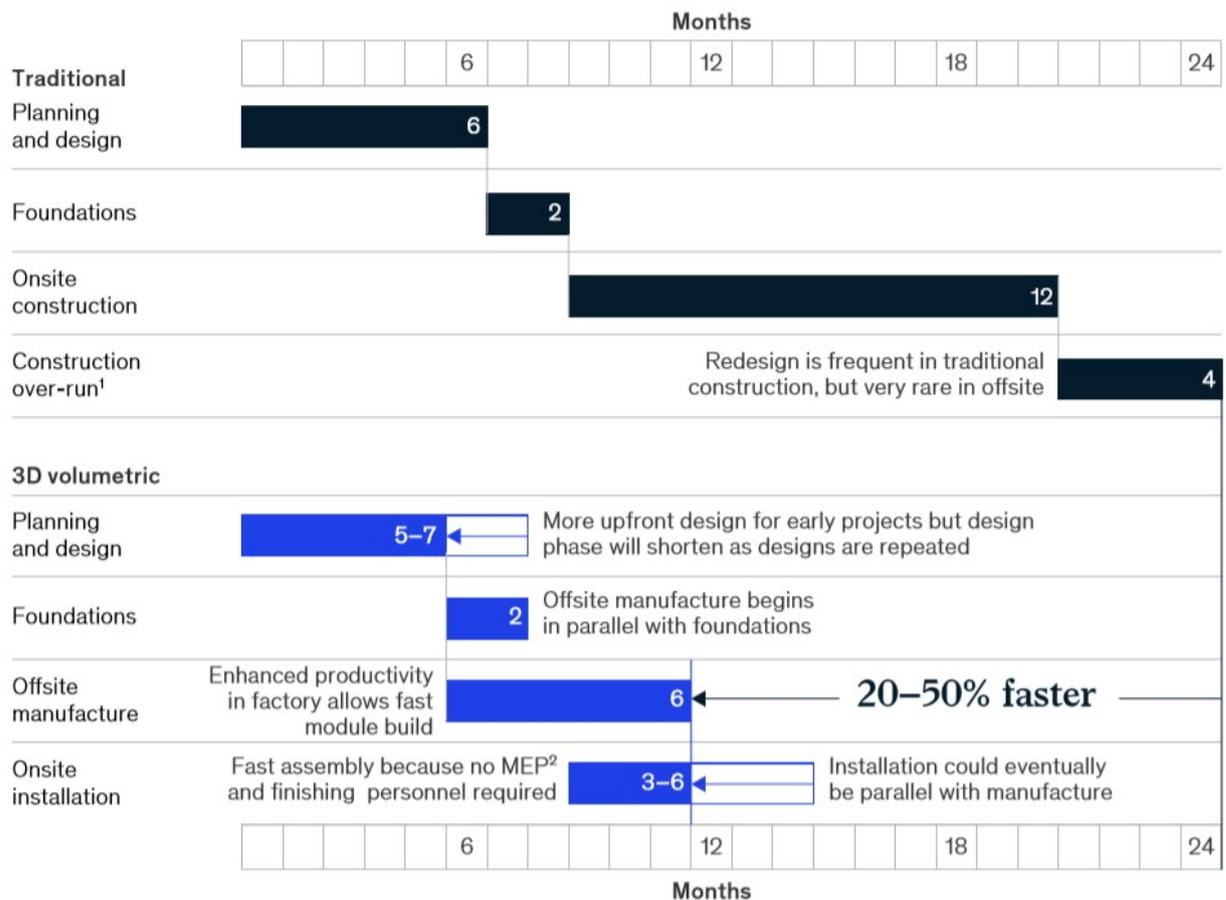


Fonte: BERTRAM *et al.*, 2019, p.9.

Com relação ao cronograma físico, a figura a seguir mostra que a construção modular tem o potencial de reduzir o prazo final do empreendimento em 20%, em relação à construção convencional, quando introduzidos sistemas modulares menos complexos, tendo como exemplo os módulos de banheiros semiacabados, e até 50% quando utilizados sistemas mais

complexos como os apartamentos prontos, de acordo com a análise BERTRAM *et al.* (2019). Um apartamento totalmente pré-fabricado, já com os acabamentos finais, resultará em um maior impacto no cronograma de término da obra do que uma fachada pré-fabricada, se ambos forem comparados, por exemplo, quanto a um projeto de um prédio residencial de múltiplos andares.

Figura 8 - Exemplo do cronograma físico de um prédio residencial quando utilizada a construção convencional versus o sistema modular totalmente 3D



Fonte: BERTRAM *et al.*, 2019, p.11.

Deve-se salientar que o exemplo citado anteriormente considera o nível mais complexo e benéfico em termos de cronograma que é a solução totalmente em 3D. No Brasil, até o momento, ainda não existem prédios residenciais com mais de 20 pavimentos construídos 100% por meio de soluções modulares tridimensionais, talvez devido aos altos custos diretos de obra e em função da baixa disponibilidade de empresas capacitadas a construírem com base nesta tecnologia.

Em Cingapura, por exemplo, este nível de construção já foi atingido e está em constante evolução como pode se ver nas figuras seguintes, que apresentam imagens do

complexo de edifícios Clement Canopy, considerado atualmente como o complexo de apartamentos mais alto do mundo executado por meio da construção modular. Apenas cabe evidenciar que, o local em que se situa a edificação, apresenta uma situação favorável quanto à disponibilidade de área de terreno, livre de edificações vizinhas, fator que facilita a logística de transporte horizontal e vertical para a construção de edifícios.

Figura 9 - Edifício Clement Canopy em Cingapura



Fonte: Página do Dezeen⁴

Figura 10 - Módulos de apartamentos do edifício Clement Canopy em Cingapura



Fonte: BERTRAM *et al.*, 2019, p.9.

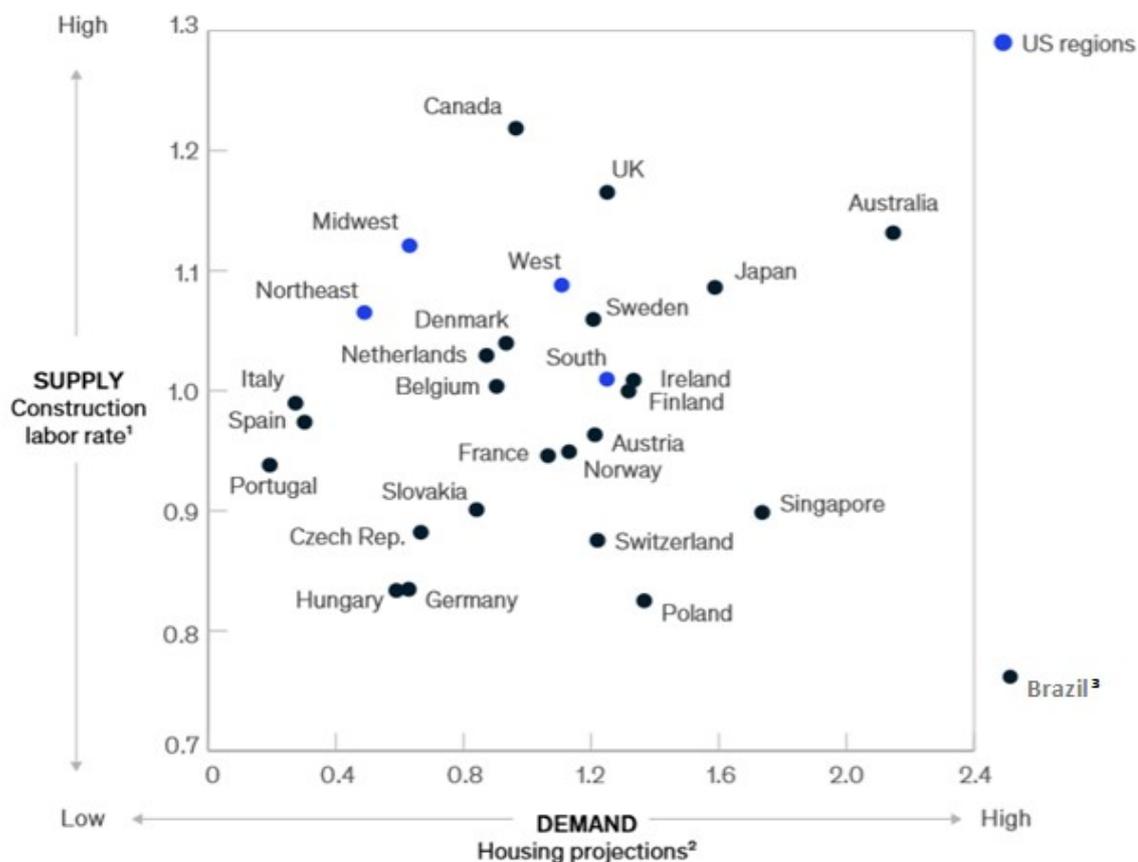
⁴ Disponível em: <<https://www.dezeen.com/2019/07/02/clement-canopy-worlds-tallest-modular-tower-bouygues/>>. Acesso em 21 de março de 2020.

Acerca dos custos envolvidos, é importante colocar em pauta a discussão de que a mão de obra da construção no Brasil e em outros países em desenvolvimento, geralmente é mais barata e desqualificada do que em países desenvolvidos, tais como os Estados Unidos e alguns países Europeus. Esta constatação pode levar as empresas brasileiras do setor de construção a concluírem, de forma prematura, que a somatória dos custos diretos e despesas indiretas de um determinado sistema convencional, gera uma maior economia ao empreendimento do que a somatória dos custos e despesas que envolvem o respectivo sistema modular. Tal análise pode levar a uma decisão errônea do empreendedor se não houver também uma análise dos indicadores de investimento e da qualidade do investimento, tais como o volume de investimentos necessários ao projeto, taxa interna de retorno e a margem sobre o preço de venda que cada sistema construtivo proporciona ao projeto.

Com referência à participação da construção modular no mercado brasileiro, o país, apesar de possuir uma grande demanda por novas moradias, especialmente no segmento econômico, tem uma alta taxa de desemprego, um baixo custo de mão de obra e uma grande parcela da força de trabalho desqualificada, fatores que se tornam empecilhos à evolução da construção modular de forma heterogênea, ao longo de todo o território, concentrando esta evolução em apenas algumas grandes cidades, como São Paulo, onde a mão de obra é mais qualificada, os salários são mais altos e o índice de desemprego geralmente segue uma tendência de ser abaixo da média nacional.

Em caráter de comparação com o mercado do *real estate* brasileiro, o gráfico a seguir mostra o cenário externo de alguns países que possuem um ambiente de *real estate* bastante propício para a consolidação da construção modular, pois são mercados no qual existe demanda não atendida por moradias, com alto custo e escassez de mão de obra; fatores estes que induzem ao apontamento dos locais com maiores probabilidades da evolução da construção modular. Alguns exemplos que podem ser ilustrados são países como o Japão, Noruega, Suécia e Finlândia, além de países que possuem potencial de crescimento como a Austrália, Reino Unido, Cingapura e Costa Oeste dos estados Unidos.

Figura 11 - Demanda de curto prazo de novas moradias versus salário da mão de obra na construção civil



¹ Salário de construção dividido pelo salário médio nacional.

² 2017–20 demanda de moradias como % do estoque nacional de moradias

³ Brasil: possui uma relação de 0,76 entre o salário da construção civil e o salário médio nacional, segundo dados dos sites www.salarios.com.br e www.em.com.br, acesso em 23/10/2020.

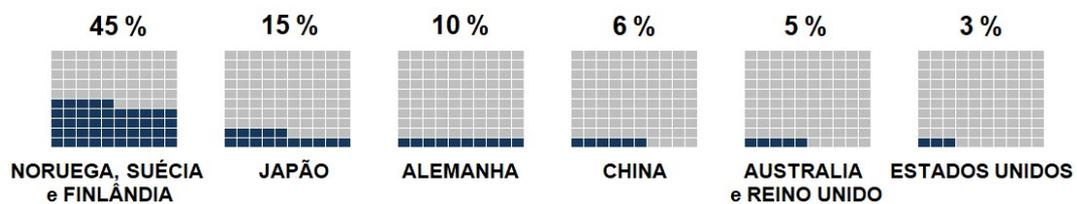
Possui uma demanda 14,9% de moradias, segundo dados obtidos no site www.ipea.gov.br, acesso em 23/10/2020;

Fonte: Adaptado pelo autor de BERTRAM et al., 2019, p.22.

Conforme demonstrado no gráfico a seguir, segundo BERTRAM *et al.* (2019), apesar de o sistema modular ser utilizado em apenas cerca de 5% das novas casas na Austrália, as condições que facilitam a inclusão da construção modular estão vigentes, uma vez que o país tem altos salários no ramo da construção civil e uma grande demanda de moradias não atendida. O país atualmente utiliza linhas de produção convencionais que usam mais mão de obra, no entanto, existe um crescente interesse e investimento dos principais *players* do mercado em soluções modulares. Já o Conselho de Desenvolvimento Habitacional de Cingapura está construindo 20.000 a 30.000 unidades por ano usando manufatura externa, impulsionada pelo desejo de acelerar a construção e no Reino Unido, a fabricação externa ao canteiro de obras já foi utilizada em cerca de 15.000 novas casas em 2018. No oeste dos

Estados Unidos, o mercado é fragmentado e em pequena escala, com cerca de 200 fabricantes de baixa capacidade. No entanto, os altos e crescentes salários da construção civil em ofícios qualificados, como eletricitistas, conduziram a uma mudança recente em direção à fabricação externa. Isso está relacionado ao crescimento sustentado da construção que está superando a capacidade, gerando conseqüentemente salários mais altos e tornando mais econômico o uso da construção modular. Grandes investidores como SoftBank, Google, Alphabet e até a Amazon, investiram em empreendimentos pré-fabricados e construtores, como a Kattera, RAD Urban e Factory OS.

Figura 12 - Percentagem atual de moradias pré-fabricadas⁵



Fonte: Adaptado pelo autor de BERTRAM *et al.*, 2019, p.22.

⁵ No Brasil ainda não temos estes dados, mas é estimado que a construção modular brasileira representa um percentual menor do que nos países da figura 13.

4 OS PRINCIPAIS SISTEMAS MODULARES

O objetivo deste tópico é apresentar os principais sistemas modulares, que atualmente estão ganhando espaço no mercado do *real estate* brasileiro, sem o propósito de discutir cada método construtivo em seus meandros técnicos, mas sim apresentar os conceitos gerais das principais soluções industrializadas que podem ser aplicadas no ambiente do *real estate* e compará-las a seus pares, construídos em sistemas convencionais, quanto aos custos, prazos, vantagens, desvantagens e possibilidades de incremento de preço no valor do produto final. Complementarmente, ao final de cada método construtivo, são apresentadas as reflexões de cada sistema modular, com o objetivo de sintetizar as principais observações de cada solução pré-fabricada.

A seguir, seguem as etapas construtivas e os sistemas industrializados que serão contrapostos:

- Paredes de vedação interna
 - Sistema em *drywall* x convencional em alvenaria, revestida com massa única e/ou gesso.
- Fachada
 - Painéis pré-fabricados em LSF com fechamentos em chapas de *drywall* x convencional em alvenaria, revestida com massa única.
- Banheiros prontos
 - Banheiros pré-fabricados com estrutura em LSF x banheiros montados manualmente em LSF e *drywall*.
- Estruturas metálicas
 - Superestrutura em aço x concreto armado

4.1 *Drywall*

O termo *drywall* é originário do inglês, sendo “*dry* = seco” e “*wall* = parede”, compondo o nome “parede seca”. É um sistema de vedação interna, baseado na “construção seca”, ou seja, sem a adição de água, que substitui as vedações internas convencionais (em alvenaria), não estrutural e que se utiliza de perfis de madeira ou de aço galvanizados em sua estrutura. Devem ser limitados à função apenas de vedação e não podem estar sujeitos a

intempéries. No Brasil, a maioria dos projetos utiliza os perfis galvanizados, com espessura nominal de 0,50 mm, revestidos com zinco (média mundial de 120 g/m²).

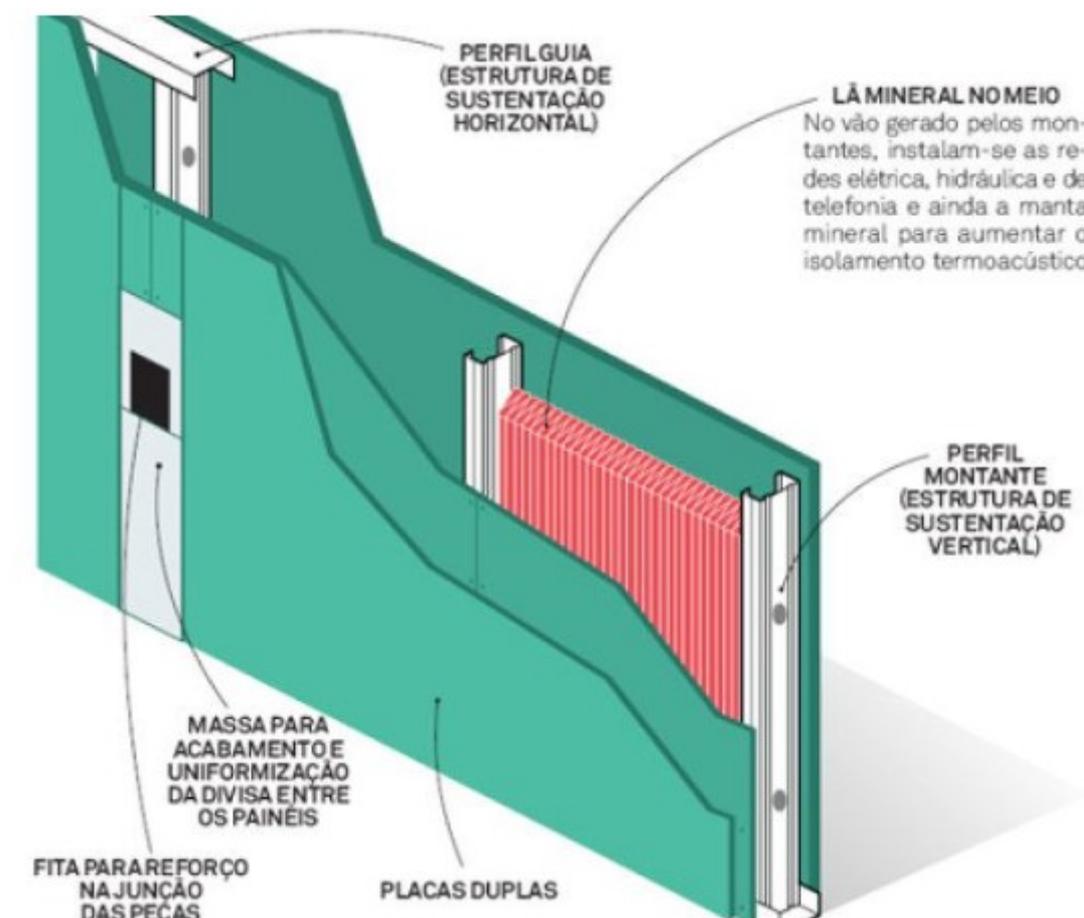
O sistema industrializado é regido no Brasil por normas técnicas, estabelecidas pela ABNT, que parametrizam as orientações e obrigações legais a serem atendidas pelas empresas do setor. Dentre as normas que regem este sistema, podem ser citadas as 4 principais normas: ABNT NBR 15.758:2009 – Sistemas construtivos em chapas de gesso para *drywall* – Projeto e procedimentos executivos para montagem.

ABNT NBR 15.575:2013 – Edificações Habitacionais – Desempenho.

ABNT NBR 14.715: 2010 – Chapas de gesso para *drywall*.

ABNT NBR 15.217:2018 – Perfilados de aço para sistemas construtivos em chapas de gesso para *drywall* – Requisitos e métodos de ensaio.

Figura 13 - Exemplo de composição de uma parede produzida no sistema drywall



Fonte: Página da Casa Abril⁶

⁶ Disponível em: <<https://casa.abril.com.br/construcao/drywall-entenda-como-funciona-esse-sistema-de-construcao/>>. Acesso em 22 de março de 2020.

Esta tecnologia consiste de chapas de gesso acartonado, fabricadas industrialmente por meio de um processo de laminação de uma mistura de gesso, água e aditivos, entre duas lâminas de cartão e aparafusadas na própria estrutura. As chapas usadas atualmente possuem as seguintes características geométricas:

Figura 14 - Geometria das chapas de gesso acartonado, utilizadas no sistema *drywall*

Característica geométrica		Tolerância	Limite	
Espessura	9.5 mm	±0.5 mm	-	
	12.5 mm		-	
	15 mm		-	
Largura		+0 / -4 mm	Máximo de 1200 mm	
Comprimento		+0 / -5 mm	Máximo de 3600 mm	
Esquadro		≤2.5 mm / m de largura	-	
Rebaixo ⁽¹⁾	Largura	Mínimo	-	40 mm
		Máximo	-	80 mm
	Profundidade	Mínimo	-	0.6 mm
		Máximo	-	2.5 mm

Fonte: Manual de Projeto de Sistemas de *Drywall* – paredes, forros e revestimentos, 2006, p.10.

Figura 15 - Tipologias de chapas de gesso acartonado, utilizadas no sistema *drywall*

Tipo	Código	Aplicação
Standard	ST	Para aplicação em áreas secas
Resistente à Umidade	RU	Para aplicação em áreas sujeitas à umidade por tempo limitado de forma intermitente
Resistente ao Fogo	RF	Para aplicação em áreas secas, necessitando de um maior desempenho em relação ao fogo

Fonte: Manual de Projeto de Sistemas de *Drywall* – paredes, forros e revestimentos, 2006, p.11.

A identificação das tipologias das chapas por ser verificada mediante a análise das cores, sendo a chapa ST na cor branco gelo, a chapa RU, com adição de silicone, na cor verde e a chapa RF, com adição de fibra de vidro, na cor rosa.

O sistema de construção a seco pode ser revestido internamente, com lã mineral, com destaque à grande utilização das lãs de rocha e lãs de vidro, especificadas de acordo a necessidade técnica de cada projeto, cujo objetivo final é aumentar o isolamento termoacústico das vedações internas. As lãs minerais são difundidas em feltros ou painéis, podendo ser revestidas ou não.

Com relação às nomenclaturas utilizadas para especificar as vedações, o sistema possui a seguinte sequência:

Figura 16 - Nomenclatura das paredes utilizada no sistema drywall

1ª letra	1º número	2º número	3º número	MD	DE (L ou S)	Chapas 1ª face	Chapas 2ª face	LM
Identificação do tipo de parede pelo fabricante	Espessura total da parede (mm)	Largura dos montantes (mm)	Espaçamento eixo a eixo dos montantes (mm)	Montante duplo	Dupla estrutura L = ligada S = separada	Quantidade e tipo das chapas de uma face	Quantidade e tipo das chapas da outra face	Presença de lâ mineral (LV-lã de vidro ou LR-lã de rocha) com a quantidade de camadas e respectivas espessuras

Fonte: Manual de Projeto de Sistemas de *Drywall* – paredes, forros e revestimentos, 2006, p.22.

4.1.1 Custos, Prazos, Vantagens e Desvantagens

Como exemplo comparativo de custos entre os sistemas *drywall* e o convencional em alvenaria, SILVA (2016), em seu estudo de caso de um edifício comercial, apresentou uma tabela de valores para a elevação de 574 m² de parede em ambos os métodos construtivos. O resultado obtido foi uma equiparação de custos, já que o sistema de alvenaria, revestida com argamassa, apresentou o valor de R\$ 120/m², contra R\$ 122/m² da parede construída em *drywall*, composta por 2 chapas duplas ST de cada lado e preenchida com lâ de vidro. No entanto, segundo VALÉRIO (2019 apud CEOTTO, 2018), o sistema *drywall* pesa cerca de 70% a menos do que o convencional, gerando uma redução de 10% a 20% no custo da fundação e 8% a 15% no valor da superestrutura de concreto armado reticular. Adicionalmente, o método industrializado produz menos entulhos, na ordem de 50 litros/m², contra 200 a 250 litros de entulho/m² de alvenaria.

Incluindo a redução de peso na estrutura e fundação, além do menor volume de entulho produzido por m² de parede, não demonstrados no trabalho de SILVA (2016), verifica-se a possibilidade de uma redução considerável no valor do *drywall* em relação ao método construtivo em alvenaria, visto que os itens fundação e superestrutura geralmente estão entre os mais representativos no custo final de construção do empreendimento.

Com relação ao cronograma, “a utilização do *drywall* nas obras pode representar uma significativa antecipação no prazo de conclusão dos empreendimentos. Alguns estudos apresentados pelos fornecedores de *drywall* indicam que a redução pode ser cerca de 4 meses.” (INOVATEC, 2015). Esta possibilidade de antecipação, além de ser um fator adicional à redução no custo do sistema de construção a seco, também possibilita a análise estratégica do incorporador em duas questões: a conclusão antecipada da obra, ou a postergação dos desembolsos na etapa de execução das vedações, mantendo-se o mesmo prazo de obra.

A seguir é apresentado o resumo comparativo dos custos e prazos, entre o sistema convencional de vedação e o *drywall*:

Tabela 1 - Custos da alvenaria versus o *drywall*

Custos da vedação interna em alvenaria + argamassa de revestimento (base: nov./13)

Serviço	Un.	Quant.	Unitário	Total
Alvenaria	m ²	574,0	R\$ 20,0/m ²	R\$ 11.480
Chapisco	m ²	1.148,0	R\$ 3,0/m ²	R\$ 3.444
Reboco	m ²	1.148,0	R\$ 20,0/m ²	R\$ 22.960
Argamassa	m ³	38,8	R\$ 800,0/m ³	R\$ 31.024
CUSTO TOTAL FACHADA			R\$ 120,0/m²	R\$ 68.908

Custos da vedação interna em *drywall* (base: nov./13)

Serviço	Un.	Quant.	Unitário	Total
Parede <i>Drywall</i> 120/70/60 - 2ST/2ST + Lã de Vidro WF50	m ²	574,0	R\$ 122,0	R\$ 70.028
CUSTO TOTAL FACHADA			R\$ 122,0/m²	R\$ 70.028

Fonte: Adaptado pelo autor de SILVA, 2016.

Tabela 2 - Produtividade da alvenaria versus *drywall*

Produtividade obtida com uma equipe de 7 funcionários por pavimento, no empreendimento West Side da Yuny Incorporadora, para o sistema "alvenaria + argamassa", em um pavimento tipo, com 922,8 m² de alvenaria

Serviço	M ²	Início (dia útil)	Início (dia útil)	Produtividade
Marcação de alvenaria		1	5	
Elevação de alvenaria		4	8	
Distribuição hidráulica e elétrica		7	14	
Fechamentos das aberturas das distribuições		15	16	
Faixas para gesso sarrafeado		17	19	
Encunhamento		20	22	
Chapisco + Emboço + Reboco e Gesso Liso		23	28	
Alvenaria + argamassa de revestimento	922,8	1	27	33,0 m²/dia útil

Produtividade planejada para uma equipe de 7 funcionários por pavimento, no empreendimento Uwin da Yuny Incorporadora, para o sistema *drywall*, com uma chapa de 12,5 mm de cada lado, com guias e montantes de 70 mm e lâ mineral, em um pavimento tipo, com 660,0 m² de alvenaria

Serviço	M ²	Início (dia útil)	Início (dia útil)	Produtividade
guias e montantes		1	5	
distribuição hidráulica e elétrica		4	10	
infra de ar-condicionado, coifa e exaustão		9	11	
<i>drywall</i> : chapeamento 1 ^a face (chapa simples)		10	13	
testes na distribuição hidráulica e elétrica		12	14	
<i>drywall</i> : chapeamento 2 ^a face (chapa simples)		13	16	
<i>Drywall</i>	660,0	1	16	41,3 m²/dia útil

Fonte: Documento interno da empresa, 2020.

Ao examinar os custos, nota-se que o sistema *drywall* apresenta um custo levemente superior de 1,7%. No entanto, segundo o Relatório de Análise de Projeto de Vedação LSF e Vedação (INOVATEC, 2020), a solução industrializada apresenta uma massa de aproximadamente 40 kg/m² de superfície de vedação, contra aproximadamente 250 kg/m² da alvenaria de bloco de 14 cm, revestida internamente com gesso liso, o que impacta no dimensionamento da superestrutura e nas fundações, quanto à redução de cargas, e gera economias a favor do sistema *drywall*, frente ao método construtivo em alvenaria.

Com respeito à velocidade, o sistema *drywall* é 25% superior à construção em alvenaria revestida com argamassa, considerando para ambos os sistemas construtivos uma equipe com mesmo número de funcionários. Dependendo da altura da edificação, esta diferença pode resultar em alguns meses de antecipação na conclusão da etapa “vedações internas”. Já em relação à antecipação na conclusão do empreendimento, a redução no prazo, devido ao uso do sistema pré-fabricado, pode ser menor, caso a sequência de atividades subsequentes sejam caminho crítico no cronograma de finalização das obras.

Acerca das vantagens tecnológicas do sistema industrializado, as principais diferenças que podem ser pontuadas e exploradas como um diferencial do produto, em relação à construção convencional, segundo a Associação Brasileira de Drywall⁷, são:

- Flexibilidade de alterações do projeto, pois o sistema é leve, rápido e produz baixo índice de desperdício.
- É um sistema mais rápido de ser executado, possibilitando a redução no ciclo de execução das vedações internas.
- Possibilita maior qualidade de acabamento;
- Demanda um menor espaço de armazenamento dos materiais.
- Gera menos resíduos, os quais são 100% recicláveis.
- Proporciona grande e precisão geométrica e dimensional.
- Possui um desempenho superior quanto à resistência mecânica, resistência ao fogo e isolamento acústico, quando corretamente dimensionado.
- Apresenta ganhos de até 5% de área útil na unidade, devido à redução na espessura das paredes, quando comparado ao sistema de alvenaria, segundo a Associação Brasileira de *Drywall*⁸, relativo à menor espessura das paredes do sistema pré-fabricado, que pode ter a partir de 7,2 cm, contra 15cm a 25 cm do método de construção convencional em alvenaria revestida.

Com relação às desvantagens, VALERIO (2019) aponta os seguintes itens:

- O reduzido número de empresas especializadas no método de construção seca.
- A falta de mão de obra qualificada.

⁷ Disponível em: < <https://drywall.org.br/> Acesso em 30 de maio de 2020.

⁸ Disponível em: <[https:// https://drywall.org.br/blogabdrywall/paredes-drywall-proporcionam-mais-espaco-aos-ambientes-da-casa/](https://https://drywall.org.br/blogabdrywall/paredes-drywall-proporcionam-mais-espaco-aos-ambientes-da-casa/)>. Acesso em: 21 de março de 2020.

- Como poucos profissionais conhecem o sistema, a execução e escolha dos materiais ficam por conta do instalador, que na maioria dos casos não se atualiza com as novas tecnologias e normas vigentes, e cessa na especificação de um sistema com desempenho na resistência mecânica, resistência ao fogo e isolamento acústico, inferiores ao método construtivo em alvenaria.

Tais fatores, desde que não considerados em um planejamento adequado, podem incidir em execuções problemáticas e com alto índice de reformas e assistências técnicas, além de gerar uma percepção ruim no cliente, quanto à qualidade do sistema modular.

4.1.2 Reflexões sobre o Sistema *Drywall*

Pode-se observar que o método de construção modular, desde que bem ponderado quanto às dificuldades apresentadas, constitui-se como uma boa opção para o uso em empreendimentos do *real estate*, haja vista que se apresenta como uma escolha vantajosa em termos de custo e vantagens tecnológicas, quando comparados ao sistema convencional de alvenaria.

Com relação ao prazo, a possibilidade de redução do cronograma de obras se demonstra como um importante ponto na análise de riscos dos indicadores econômicos e financeiros, visto que promove uma maior previsibilidade quanto a futuros aumentos nos preços de mão de obra e materiais. É interessante também notar que, do ponto de percepção do cliente, um prazo menor na entrega do empreendimento pode influenciar na opção de compra da unidade, quando analisada outras opções disponíveis de produtos concorrentes, ensejando em uma maior velocidade de vendas.

Adicionalmente é possível obter melhores indicadores econômicos e financeiros devido à possibilidade de captação antecipada dos recebíveis e em função da redução no montante de juros pagos à instituição bancária, financiadora da produção do empreendimento.

4.2 Painéis pré-fabricados de fachada, estruturados em *light steel framing*

Conceitualmente, o termo *light steel framing* é originário do inglês, sendo “*light steel* = aço leve” e “*framing*”, processo no qual se unem os elementos, originado da palavra “*frame* = estrutura”, compondo o nome “estrutura em aço leve”. É um conjunto que trabalha com perfis leves de aço galvanizado, conformados a frio e fechados com placas, geralmente chapas

cimentícias, *drywall* e lã mineral, formando uma estrutura reticulada de vedação, por meio de guias e montantes metálicos, sendo estes equidistantes de 400 mm ou 600 mm. É um processo estrutural, projetado para suportar cargas da edificação e com espessura nominal mínima de 0,80 mm, de acordo com a NBR 15253:2014, página 9. Assim como o sistema *drywall*, trata-se de uma metodologia construtiva conhecida como “construção seca”, pois dispensa o uso de água, e tem sido utilizado em edificações comerciais, residenciais, em coberturas e em unidades de módulos 3D, tais como banheiros e painéis de fachada, em substituição às paredes de alvenaria, revestidas com massa única.

Figura 17 - Fachada de um prédio em LSF



Fonte: Página do Habitissimo⁹

No contexto das fachadas, a junção do sistema LSF com as placas cimentícias ou de *ultrawall* (chapa de gesso acartonado com maior resistência mecânica), podendo ou não serem revestidos com EPS (*Expanded PolyStyrene*), sendo neste caso conhecido como sistema EIFS (*Exterior Insulation Finish Systems*), resulta no sistema de painéis de fachada pré-fabricados, cuja estrutura e composição de chapas podem ser montadas no local da obra, *infill facade* e o *curtain wall facade*, ou serem entregues totalmente montadas e pintadas, *panelised facade system*. Ambas as metodologias de construção são muito usuais em países como Canadá, Estados Unidos e no continente europeu. No Brasil o sistema ainda não é muito disseminado e, possivelmente por este pretexto, não possui normas específicas, fato que provoca nas empresas que almejam a utilização deste método construtivo, a busca por diretrizes internacionais e normas brasileiras que focam em cada componente da solução modular.

⁹ Disponível em: <https://fotos.habitissimo.com.br/foto/fechamento-de-predio-em-steel-frame_2127732>. Acesso em 10 de abril de 2020.

Figura 18 - *Panelised facade system*

Fonte: Página da empresa Sto¹⁰.

Figura 19 – *Infill facade system*

Fonte: Arquivo do autor. Obra Citizen Paulista em São Paulo/SP (2019).

4.2.1 Custos, Prazos , Vantagens e Desvantagens

Buscando a compreensão dos valores e produtividades envolvidos na construção convencional de uma fachada versus a utilização de painéis industrializados e totalmente prontos para a instalação, ROCHA (2017) apresenta em seu trabalho um comparativo entre os valores por m² e as produtividades de cada sistema:

Tabela 3 - Custo e produtividade entre sistemas de fachada

Custos da Fachada Convencional x Panelizada EIFS (base: dez/16)

Serviço	Un.	Quant.	Unitário	Total
Fachada Convencional				
Alvenaria de vedação	m ²	8.266,2	R\$ 34,0	R\$ 280.721
Revestimentos externos			R\$ 103,2	R\$ 852.826
Revestimentos internos			R\$ 41,5	R\$ 343.131
Equipamentos auxiliares			R\$ 21,1	R\$ 174.087
Consumo de água			R\$ 0,4	R\$ 3.637
Tela de proteção			R\$ 8,0	R\$ 66.130
CUSTO TOTAL FACHADA			R\$ 208,1/m²	R\$ 1.720.531
Serviço	Un.	Quant.	Unitário	Total

¹⁰ Disponível em: <<https://www.stopanel.com/panel-systems/>>. Acesso em 10 de abril de 2020.

Fachada Panelizada EIFS				
Locação de guindaste aranha	mês	4,5	R\$ 24.284,5	R\$ 109.280
Sistema panelizado EIFS	m ²	2.980,0	R\$ 341,4	R\$ 1.017.468
CUSTO TOTAL FACHADA			R\$ 378,1/m²	R\$ 1.126.748
Custo da fachada panelizada EIFS x fachada convencional:				+ 81,7%

Produtividade da Fachada Convencional x Panelizada EIFS (m² de fachada/mês)

Serviço	Início	Término	Mês	m² de fachada	Produtividade
Fachada convencional	15/5/17	1/9/18	15,5	8266,2	533,3 m ² /mês
Fachada panelizada EIFS			4,3	2.980,0	698,4 m ² /mês
Produtividade da fachada panelizada EIFS x fachada convencional:					+ 31,0%

Fonte: Adaptado pelo autor de ROCHA, 2017.

Ao avaliar os custos e as produtividades, nota-se que o valor da solução panelizada é mais onerosa em 81,7%, contudo a produtividade é um terço superior. Em uma conta simples, é possível verificar que a diferença de prazo entre os sistemas na execução, por exemplo, de fachada predial com 10.000 m², resultaria em um prazo de 14,3 meses para o sistema pré-fabricado contra 18,8 meses da construção convencional, ou seja, 4,5 meses de diferença.

Além da questão de antecipação no cronograma de fachadas, a solução industrializada, segundo o Relatório de Análise de Projeto de Vedação LSF e Vedação (INOVATEC, 2020) apresenta uma massa de aproximadamente 60 kg/m² de superfície de vedação, contra 342 kg/m² da fachada em alvenaria, revestida internamente com gesso liso e externamente com argamassa, utilizando o bloco de 19 cm de espessura para o atendimento dos níveis de acústica da norma de desempenho NBR 15575:2013-4 – sistemas de vedações verticais internas e externas. Esta informação é muito importante para que seja possível calcular as reduções na superestrutura e nas fundações. Segundo ROCHA (2017, apud MEDEIROS e MELLO, 2018) a redução no custo pode ser na ordem de 3,60% do custo de fundações e da superestrutura e 1,76% no custo da superestrutura.

Adicionalmente, o sistema panelizado não gera resíduos, pois o painel chega pronto e pintado na obra, ao contrário do sistema em alvenaria, que apresenta perdas de materiais em todas as suas etapas executivas, podendo representar até 10% do custo total da fachada, conforme demonstrado no estudo de caso.

Com relação aos benefícios que o sistema demonstra, quando comparado ao sistema convencional e além dos já citados, o método de construção de fachada industrializada, de acordo com ROCHA (2017), apresenta:

- Redução da mão de obra na execução da fachada, devido os sistemas modulares serem entregues pré-fabricados, ou seja, parte da montagem já foi realizada na indústria, fator que implica em um menor índice de acidentes de trabalho, passivos trabalhistas e na redução das áreas necessárias para implantação do estoque.
- Possibilidade de postergação do desembolso financeiro, em função do ganho de prazo, ou seja, o empreendedor pode adiar o início da fachada devido a maior velocidade de execução em relação ao sistema convencional, sem prejudicar o cronograma de término da obra.

Quanto às desvantagens, ROCHA (2017) aponta os seguintes itens:

- Constatou-se que a produtividade do sistema panelizado é superior ao convencional, o que representa um desafio aos profissionais de planejamento, acostumados aos ciclos de produção em alvenaria.
- Devido ao reduzido número de empreendimentos entregues com a tecnologia de painéis industrializados, os custos pós-obra e de manutenção, que compõem os custos globais durante a vida útil de um empreendimento, ainda não puderam ser devidamente mensurados e avaliados.
- O reduzido número de fornecedores no mercado, assim como, a venda somente de componentes do sistema, sem a vinculação da execução, gestão do contrato e garantia no pós-obra do sistema de fachada modular.

4.2.2 Reflexões sobre o Sistema de Fachada Industrializada

Diferentemente do sistema *drywall*, cujo valor global se apresenta como competitivo em relação à construção convencional, o método de construção de fachadas industrializadas é notadamente mais oneroso do que o sistema convencional; demanda uma logística mais complexa na questão de transporte horizontal e vertical, devido às peças já serem entregues pré-fabricadas, o que requer maiores espaços nos equipamentos de transporte; não é uma solução prática para ser estocada no canteiro de obras, pois necessita de amplos espaços e proteção contra intempéries e impactos; além de possuir a relevante desvantagem de existirem

poucos empreendimentos entregues no Brasil, o que resulta em um conhecimento mais limitado, em relação às fachadas convencionais, quanto às futuras patologias que podem ocorrer após longos períodos da conclusão da obra. No entanto, o sistema de fachadas pode trazer uma redução no cronograma físico do empreendimento mais vultosa do que o *drywall*, já que o início da execução dos acabamentos internos e das áreas externas no entorno da torre, está vinculado diretamente ao término da fachada. Ponderadas as desvantagens e equalizados os custos adicionais do sistema modular em relação a construção em alvenaria, nota-se que o sistema de fachada industrializada, seja ele montado no canteiro de obras ou instalado por meio de painéis prontos, é uma solução a ser considerada quando analisada a possibilidade de redução no cronograma físico do empreendimento. Assim, como no *drywall*, existe a possibilidade de um melhor retorno financeiro, propiciado pela captação antecipada dos recebíveis, referentes aos repasses dos financiamentos bancários que são contratados pelos proprietários para o financiamento das unidades e também em função da redução no montante dos juros, referente ao financiamento a produção, durante o ciclo de construção do empreendimento. Já em relação à postergação do fluxo de pagamentos, mantendo-se o cronograma inicial de obras da construção convencional, em uma primeira análise, não aparenta ser interessante devido ao maior custo do sistema modular.

Com relação à análise de risco dos indicadores financeiros, em relação ao cenário referencial, é possível obter-se uma maior previsibilidade na variável “custos da obra”, haja vista que a redução do prazo do empreendimento expõe o orçamento a menores variações dos preços dos insumos, e na variável “velocidade de vendas”, devido à possibilidade do cliente ter uma melhor percepção do produto, em função de um menor prazo de entrega das obras e em virtude das vantagens tecnológicas que o sistema modular propõe, tais como o melhor isolamento térmico e acústico, quando comparado ao método convencional.

4.3 Banheiro pré-fabricado

Os banheiros pré-fabricados, ou banheiros prontos, como são regularmente denominados, são soluções muito interessantes para empreendimentos com grandes repetições de um mesmo projeto de banheiro, tanto para obras residenciais como para comerciais, podendo ser, neste último caso, mais atrativo devido à necessidade do empreendimento de iniciar a geração de caixa, resultante, por exemplo, das locações ou o faturamento das estadias de um hotel, fator que sucede em uma AQI (Análise da Qualidade de Investimentos) diferente de um empreendimento residencial destinado a vendas de unidades.

Segundo AMADIO (2015), o sistema modular possui cerca de 200 componentes e divide-se em quatro tipos de sistemas: Concreto Armado, Concreto com GFRC (*Glass Fiber Reinforced Concrete*), Misto (concreto e gesso acartonado) e o Sistema em Drywall, estruturado com perfis especiais de aço galvanizado.

Figura 20 - Linha de produção de banheiros no sistema *drywall*



Fonte: AMADIO, 2015, p.73.

4.3.1 Custos, Prazos , Vantagens e Desvantagens

O trabalho acadêmico de PINHEIRO (2015) aponta que o custo do banheiro pré-fabricado é 25,9% mais caro do que o banheiro convencional em alvenaria (R\$ 11.937/unidade contra R\$ 9.478/unidade), sem estabelecer uma análise quanto ao possível ganho de prazo e redução na geração de resíduos. Já AMADIO (2015), aponta para uma diferença adicional de 7,1% no custo do banheiro pronto, quando comparado ao sistema convencional e uma economia de 9,5% do banheiro pronto sobre o valor do banheiro em alvenaria, quando incluídos todos os benefícios que o módulo industrializado possui em relação ao sistema convencional: redução do tempo de construção do empreendimento e menor geração de entulho.

Com relação aos prazos, no comparativo proposto por AMADIO (2015), entre a construção convencional e a construção utilizando-se do banheiro pronto, apresenta um ganho de prazo de 05 meses na construção de hotel, que utilizou o sistema modular. No entanto nota-se que a conclusão da estrutura do prédio coincide com o término da edificação, o que não é possível em um produto residencial de múltiplos andares, devido às diversas etapas que se sucedem após a estrutura, tais como fachada, paisagismo e vistoria dos apartamentos com

os clientes. Estes serviços possuem cronologias próprias de início de término, fator que pode resultar em um menor impacto da solução modular no cronograma físico de conclusão do produto residencial.

Além do benefício de menor prazo e a possibilidade de obter-se um menor custo, AMADIO (2015) aponta em seu trabalho as seguintes vantagens do sistema modular:

- Redução na geração de resíduos.
- Redução do índice de retrabalhos, como por exemplo, a quebra de paredes para o embutimento de instalações.
- Melhor gestão de suprimentos
- Diminuição da infraestrutura de canteiro, devido ao menor número de funcionários.
- Precisão na geometria dos módulos.

Em contrapartida, AMADIO (2015), apresenta os seguintes pontos:

- Antecipação do fluxo de compra de materiais.
- O calculista deve prever sobrecargas no trajeto que o módulo precisará no andar para ser encaixado na posição correta.
- Demandam maior padronização de formatos e compatibilização entre os sistemas construtivos envolvidos. Um exemplo que se destaca é a necessidade de um vão livre de pé-direito para que os módulos possam ser transportados horizontalmente no pavimento, o que pode ocasionar na mudança do partido estrutural de uma superestrutura com vigas para uma superestrutura em laje plana.

Além dos pontos citados, pode-se incluir também que os banheiros podem sofrer danos durante o transporte da fábrica ao canteiro de obras, que podem resultar em reformas dos módulos e atrasos na produção; geralmente possuem massas médias entre 2,0 a 3,0 toneladas, exigindo equipamentos de transporte de carga com maior capacidade; e a cadeia de fornecedores que produzem os módulos pré-fabricados é pequena, quando comparada à diversidade de fornecedores que atuam na construção dos banheiros convencionais.

4.3.2 Reflexões sobre o Sistema Banheiros Prontos

Cabe analisar que os custos dos banheiros prontos propostos nos dois trabalhos citados são referentes a um produto hoteleiro, de múltiplos andares, cujo formato do edifício é

concebido para uma obra rápida, focada em um público com maior rotatividade no hotel. Ao comparar este produto com um prédio residencial que possui diferentes formatos e atributos de produto em função do público alvo, os custos do banheiro pronto podem divergir dos valores apresentados em função, por exemplo, de personalizações, diferentes áreas e planejamentos logísticos. Nota-se que o banheiro pronto, observando a figura 5 de BERTRAM (2019), é um sistema 3D, portanto sendo mais dependente da tipologia do produto quanto aos custos e prazos, conforme descrito no capítulo 3, que os sistemas industrializados de fachada e de vedações internas.

Assim como o *drywall* e o sistema de painéis modulares de fachada, o banheiro industrializado pode propiciar uma antecipação do repasse dos clientes, devido à antecipação do término da obra e uma maior velocidade de vendas devido à percepção do cliente quanto ao menor prazo de entrega do produto. No entanto, os custos devem ser bem avaliados quanto ao real retorno financeiro, já que o sistema, assim como a solução de fachada pré-fabricada, é mais caro que o convencional, quando analisado apenas o custo de construção.

Com relação à análise de riscos dos indicadores econômicos e financeiros, o banheiro pré-fabricado apresenta uma previsibilidade grande quanto à variação dos preços, relacionado ao número de componentes envolvidos, em média 200 itens e a possibilidade de se firmar um contrato de preço fechado com o fornecedor. A obra também fica menos suscetível a atrasos nas instalações e vedações internas, pois caso ocorram desvios no cronograma, o planejamento da obra pode estabelecer um plano de ataque menos dependente de um maior volume de mão de obra.

4.4 Estrutura metálica

Os perfis da estrutura metálica não seguem um dimensionamento, cujas medidas necessariamente acompanham o conceito de múltiplos do módulo, de acordo com o capítulo 3, não sendo, portanto, um sistema modular. Entretanto, é um sistema pré-fabricado e que, devido ao seu grau de racionalidade, foi utilizado na análise das simulações do estudo de caso, de acordo com o capítulo 5.

A estrutura metálica é um componente estrutural, produzido por meio de ligas metálicas, formadas preferencialmente por ferro e carbono, sendo este último o responsável pela graduação da resistência e ductibilidade da liga. Sua utilização representa atualmente um grande mercado em países industrializados, representando até 50% da utilização se comparado com outros materiais. Já no Brasil, este percentual é relativamente baixo,

representando aproximadamente 15%, o que revela um mercado com grande potencial a ser explorado¹¹. Velocidade, sustentabilidade, peso e flexibilidade de soluções arquitetônicas são alguns dos possíveis benefícios que este sistema disponibiliza.

Presentemente, as principais normas brasileiras que regem o sistema são a NBR 8800:2008 - Projeto de Estruturas de Aço e de Estrutura Mista de Aço e Concreto de Edifícios, NBR 14323:1999 - Dimensionamento de Estruturas de Aço de Edifícios em Situação de Incêndio – Procedimento e a NBR 14762:2010 - Dimensionamento de Estruturas de Aço Constituídas por Perfis Formados a Frio – Procedimento.

Figura 21 - Prédio em estrutura metálica



Fonte: Página da Escola Engenharia¹²

4.4.1 Custos, Prazos, Vantagens e Desvantagens

De acordo com os estudos comparativos de PINHO (2008), entre a superestrutura metálica e a superestrutura de concreto, para uma edificação comercial de 08 pavimentos e outra residencial de 05 andares, considerando os benefícios da metálica quanto à redução das cargas sobre as fundações e a antecipação da entrega da obra, foram obtidos os seguintes resultados:

¹¹ Disponível em: <<https://www.aecweb.com.br/revista/materias/estruturas-metalicas-reduzem-o-tempo-de-construcao-em-ate-40/10301>>. Acesso em 21 de março de 2020.

¹² Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/estrutura-metalica/>>. Acesso em 21 de março de 2020.

Tabela 4 – Comparativo de custos entre a estrutura metálica e a estrutura em concreto – Edifício Comercial com 8 pavimentos

ED. COMERCIAL DE ANDAR LIVRE: 8 Pavimentos			
Análise	Estrutura Metálica	Estrutura em Concreto	% Metálica / Concreto
Pilares e Vigas	R\$ 1.106.784	R\$ 856.440	
Proteção contra Incêndio	R\$ 67.198	-	
Lajes	R\$ 439.200	R\$ 395.280	
Total Superestrutura	R\$ 1.613.182	R\$ 1.251.720	28,9%
Outros Custos de Construção	R\$ 3.546.479	R\$ 3.973.179	
Total Edificação	R\$ 5.159.660	R\$ 5.224.899	-1,2%
Prazo de Execução	10 meses	18 meses	-44,4%

Fonte: Adaptado pelo autor de PINHO, 2008, p.76.

Tabela 5 - Comparativo de custos entre a estrutura metálica e a estrutura em concreto – Edifício Residencial com 5 pavimentos

ED. RESIDENCIAL POPULAR: 5 Pavimentos			
Análise	Estrutura Metálica	Estrutura em Concreto	% Metálica / Concreto
Pilares e Vigas	R\$ 96.350	R\$ 94.815	
Proteção contra Incêndio	R\$ 0	-	
Lajes	R\$ 72.240	R\$ 72.240	
Total Superestrutura	R\$ 168.590	R\$ 167.055	0,9%
Outros Custos de Construção	R\$ 600.071	R\$ 637.349	
Total Edificação	R\$ 768.661	R\$ 804.404	-4,4%
Prazo de Execução	3 meses	6 meses	-50,0%

Fonte: Adaptado pelo autor de PINHO, 2008, p.79.

Nota-se no estudo de PINHO (2008), que as duas edificações apresentaram resultados diferentes quanto ao custo, + 28,9% na estrutura metálica do prédio comercial, contra apenas + 0,9% na construção residencial. Tal amplitude entre os resultados provavelmente ocorreu em função das alturas distintas dos prédios, fator que pode influir na redução dos custos da estrutura metálica, devido ao redimensionamento quanto ao uso de contraventamentos, e em consequência de serem produtos concebidos com arquiteturas e destinações a públicos diferentes, aspecto que pode se traduzir em cargas diferentes sobre as estruturas metálicas e de concreto. Já a diferença entre os prazos de construção do prédio comercial e do residencial não foi tão grande, como apontado nos custos, sendo - 44,4% a favor da estrutura metálica, no caso da edificação comercial, contra - 50,0% em prol da estrutura metálica, para o exemplo do edifício residencial.

Em caráter de comparação com o estudo de PINHO (2008), segundo o CBCA (2020), a construção em estrutura metálica, com relação ao custo, é superior em até 30% do sistema convencional e é menor em até 40% do prazo, quando comparado à construção tradicional.

Com relação às vantagens do sistema metálico, além do prazo e da leveza da estrutura metálica sobre a estrutura em concreto, segundo o CBCA, o sistema pré-fabricado ainda possui os seguintes benefícios:

- Maior área útil: as seções dos pilares e vigas de aço são substancialmente mais esbeltas do que as equivalentes em concreto, resultando em melhor aproveitamento do espaço interno e aumento da área útil, fator muito importante, principalmente em garagens.
- Racionalização de materiais e mão de obra: através de processos convencionais, o desperdício de materiais pode chegar a 25% da massa da estrutura. Já o aço possibilita uma sensível redução nos resíduos, por ser totalmente pré-fabricado.
- Precisão construtiva: enquanto nas estruturas de concreto a precisão é medida em centímetros, numa estrutura em aço a unidade empregada é o milímetro. Isso garante uma estrutura perfeitamente aprumada e nivelada, facilitando atividades como o assentamento de esquadrias, instalação de elevadores, bem como redução no custo dos materiais de revestimento.
- Reciclagem: o aço é 100% reciclável e as estruturas podem ser desmontadas e reaproveitadas com menor geração de rejeitos.
- Redução no espaço de estoque de materiais: como a estrutura em aço é totalmente pré-fabricada, há uma melhor organização do canteiro devido entre outros à ausência de

grandes depósitos de areia, brita, cimento, madeiras e ferragens, reduzindo também o inevitável desperdício desses materiais. O ambiente limpo, com menor geração de entulho, oferece ainda melhores condições de segurança ao trabalhador, contribuindo para a redução dos acidentes na obra.

- Maior flexibilidade: os elementos da estrutura metálica, tais como vigas, possuem menor dimensão, possibilitando maior versatilidade em ampliações, reformas e mudança de ocupação de edifícios. Além disso, torna mais fácil a passagem de utilidades como água, ar condicionado, eletricidade, esgoto, telefonia e informática.

Com relação às desvantagens, são citados pelo CBCA os seguintes pontos:

- Custo: em algumas situações o valor inicial da estrutura em aço pode ser bem mais elevado do que em concreto armado. Isso geralmente ocorre quando o projeto arquitetônico obriga o uso de vãos muito díspares. Sendo a estrutura metálica um processo industrializado, o uso de medidas extremamente variáveis, vai acarretar perfis muito diferentes, de tamanhos muito diferentes, resultando em grandes perdas, o que sem dúvida tende a deixar a estrutura de aço mais cara. Os custos também podem ser inviáveis em certos projetos que impõem a necessidade de um grande número de contraventamentos, seja em função de ventos e/ou abalos sísmicos.

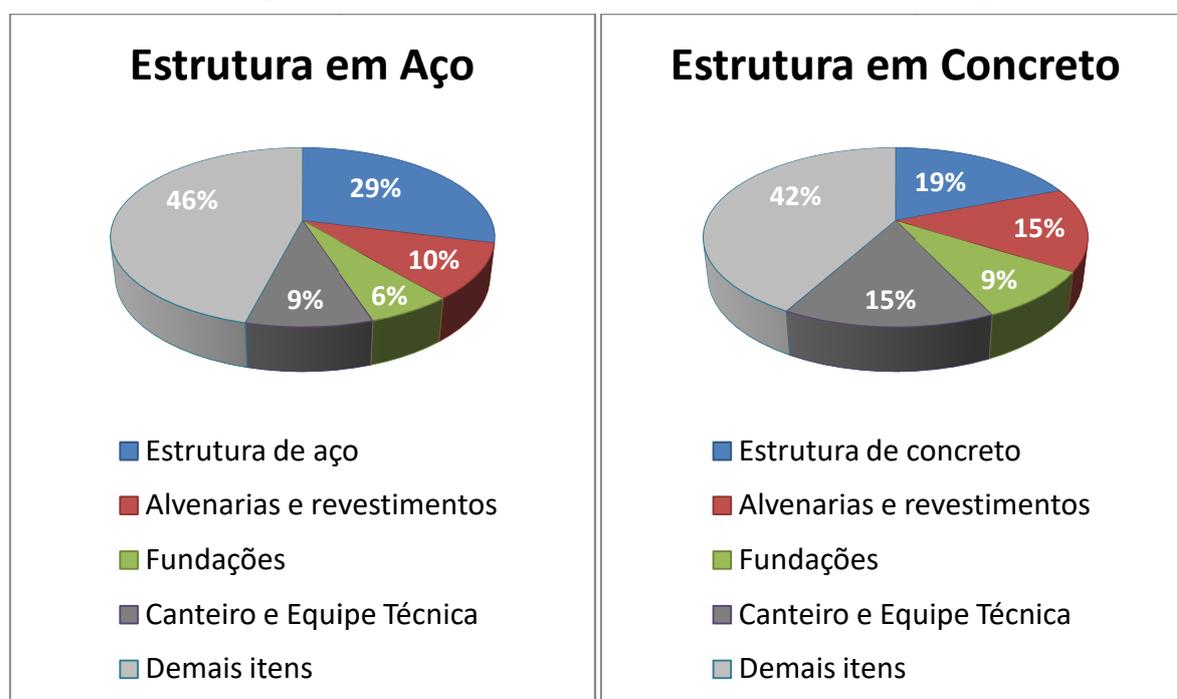
Além dos pontos citados pelo CBCA, cabe ainda mencionar que a cadeia de fornecedores e montadores de estruturas metálicas é menor do que o conjunto de empresas que atuam na construção das estruturas de concreto e que o sistema de construção metálica demanda uma mão de obra mais qualificada, em função dos projetos serem desenhados com precisão de milímetros, demandando a execução das atividades de forma bem mais precisa e com maior atenção à qualidade final.

4.4.2 Reflexões sobre a Estrutura Metálica

Um ponto que se destaca entre as vantagens da estrutura metálica é a possibilidade de se obter um aumento na área líquida construída da edificação, resultante das menores dimensões da estrutura quando comparadas à estrutura de concreto, propiciando mais espaço nas garagens para veículos, áreas comuns e apartamentos. A somatória, por exemplo, do ganho de área útil do sistema *drywall* com o sistema metálico, além das possíveis antecipações de prazo de todos os sistemas apresentados, podem se tornar um grande diferencial de vendas.

No entanto pesa contra o sistema metálico a questão do custo. A estrutura industrializada, diferentemente dos demais sistemas modulares apresentados no trabalho, representa, na média, o maior valor percentual no custo global de uma edificação, conforme pode ser verificado no gráfico seguinte. Tal fato denota que 30% de desembolso adicional, atribuído ao sistema metálico em relação ao convencional, reproduz um maior impacto no orçamento global do empreendimento do que o mesmo percentual de incremento, devido à utilização de um sistema de fachada modular. Vinculado ao custo complementar, o sistema também impõe uma antecipação no fluxo de desembolso, pertinente ao item mais oneroso da obra, condição que acaba por promover uma importante mudança nos indicadores econômicos e financeiros do empreendimento.

Gráfico 1 – Composição média dos custos de construção de um edifício de múltiplos andares



Fonte: Adaptado pelo autor da página CBCA¹³

Com relação à análise de riscos dos indicadores econômicos e financeiros, o sistema de construção metálica, assim como os demais sistemas apresentados, possibilita uma maior previsibilidade quanto à variação dos preços dos insumos do empreendimento, devido à antecipação do prazo de obra e possibilita um incremento na velocidade de vendas, ocasionado pela maior área útil e entrega das chaves antecipada. Entretanto, o aço é uma

¹³ Disponível em: < <http://www.cursoscbca.com.br> />. Acesso em 31 de maio de 2020.

*commodity*¹⁴, por ter como principais insumos o carvão mineral e o minério de ferro, que estão sujeitos a variações abruptas de preço, podendo impactar negativamente no *funding* do empreendimento e até inviabilizar um projeto. Uma ferramenta usual para se evitar esta flutuação repentina dos preços do aço é a operação de *hedge*¹⁵, também conhecida como operação de cobertura, que visa traçar limites de preço para o ativo, mas que também gera custo adicional ao insumo.

¹⁴ *Commodity*: são mercadorias que funcionam como matéria prima, produzidas em larga escala e que seguem as cotações do mercado mundial.

¹⁵ *Hedge*: em português conhecido como cobertura ou cerca e limite, é um instrumento para assegurar preços de determinados ativos para compra ou venda futura. Assim, há a redução dos riscos oferecidos pelas oscilações do mercado financeiro.

4.5 Resumo das vantagens e desvantagens dos sistemas modulares

As tabelas a seguir apresentam um resumo dos subitens 4.1 à 4.4, quanto às vantagens e desvantagens de cada sistema pré-fabricado, de modo a facilitar o entendimento das principais características de cada método construtivo.

Tabela 6 - Vantagens e desvantagens do sistema *drywall*

SISTEMA MODULAR	VANTAGENS	DESVANTAGENS
VEDAÇÕES INTERNAS EM DRYWALL	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Flexibilidade de alterações do projeto, pois o sistema é leve, rápido e produz baixo índice de desperdício. ▪ É um sistema mais rápido de ser executado. ▪ Possibilita maior qualidade de acabamento. ▪ Gera menos resíduos, os quais são 100% recicláveis. ▪ Proporciona grande e precisão geométrica e dimensional. ▪ Possui um desempenho superior quanto à resistência mecânica, resistência ao fogo e isolamento acústico, quando corretamente dimensionado. ▪ Apresenta ganhos de área útil na unidade, devido à redução na espessura das paredes, quando comparado ao sistema de alvenaria. ▪ Redução do ciclo de execução das vedações internas. ▪ Demanda um menor espaço de armazenamento dos materiais. ▪ É um sistema mais econômico do que o método convencional, quando inseridas as reduções de carga e geração de resíduos, e a maior produtividade. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ O reduzido número de empresas especializadas no método de construção seca. ▪ A falta de mão de obra qualificada. ▪ Como poucos profissionais conhecem o sistema, a execução e escolha dos materiais ficam por conta do instalador, que na maioria dos casos não se atualiza com as novas tecnologias e normas vigentes, e cessa na especificação de um sistema com desempenho na resistência mecânica, resistência ao fogo e isolamento acústico, inferiores ao método construtivo em alvenaria.

Fonte: Documento interno da empresa, 2020.

Tabela 7 - Vantagens e desvantagens dos sistemas modulares de fachada, banheiros

SISTEMA MODULAR	VANTAGENS	DESVANTAGENS
FACHADAS PRÉ-FABRICADAS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução da mão de obra na execução da fachada, devido os sistemas modulares serem entregues pré-fabricados, ou seja, parte da montagem já foi realizada na indústria, fator que implica em um menor índice de acidentes de trabalho, passivos trabalhistas e na redução das áreas necessárias para implantação do estoque; ▪ Possibilidade de postergação do desembolso financeiro, em função do ganho de prazo, ou seja, o empreendedor pode adiar o início da fachada devido a maior velocidade de execução em relação ao sistema convencional, sem prejudicar o cronograma de término da obra. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Constatou-se que a produtividade do sistema panelizado é superior ao convencional, o que representa um desafio aos profissionais de planejamento, acostumados aos ciclos de produção em alvenaria; ▪ Devido ao reduzido número de empreendimentos entregues com a tecnologia de painéis industrializados, os custos pós-obra e de manutenção, que compõem os custos globais durante a vida útil de uma empreendimento, ainda não puderam ser devidamente mensurados e avaliados. ▪ O reduzido número de fornecedores no mercado, assim como, a venda somente de componentes do sistema, sem a vinculação da execução, gestão do contrato e garantia no pós-obra do sistema de fachada modular. ▪ É um sistema mais caro do que o sistema convencional, porém deve ser realizada a análise de investimentos e qualidade dos investimentos, pois a redução no prazo pode gerar indicadores financeiros mais atrativos do que o método construtivo convencional.
BANHEIROS PRÉ-FABRICADOS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução na geração de resíduos. ▪ Redução do índice de retrabalhos, como por exemplo a quebra de paredes para o embutimento de instalações. ▪ Redução no espaço de estoque de materiais. ▪ Diminuição da infraestrutura de canteiro, devido ao menor número de funcionários. ▪ Precisão na geometria dos módulos. ▪ É um sistema mais caro do que o sistema convencional, porém deve ser realizada a análise de investimentos e qualidade dos investimentos, pois a redução no prazo pode gerar indicadores financeiros mais atrativos do que o método construtivo convencional. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Antecipação do fluxo de compra de materiais. ▪ O calculista deve prever sobrecargas no trajeto que o módulo precisará no andar para ser encaixado na posição correta. ▪ Demandam maior padronização de formatos e compatibilização entre os sistemas construtivos envolvidos. Um exemplo que se destaca é a necessidade de um vão livre de pé direito para que os módulos possam ser transportados horizontalmente no pavimento, o que pode ocasionar na mudança do partido estrutural de uma superestrutura com vigas para uma superestrutura em laje plana. ▪ É um sistema mais caro do que o sistema convencional, porém deve ser realizada a análise de investimentos e qualidade dos investimentos, pois a redução no prazo pode gerar indicadores financeiros mais atrativos do que o método construtivo convencional.

Tabela 8 - Vantagens e desvantagens dos sistemas modulares de fachada, banheiros

SISTEMA MODULAR	VANTAGENS	DESVANTAGENS
ESTRUTURAS METÁLICAS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Maior área útil. ▪ Racionalização de materiais e mão de obra. ▪ Precisão construtiva. ▪ Reciclagem. ▪ Redução no espaço de estoque de materiais. ▪ Maior flexibilidade nos projetos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Custo bem mais elevado do que o sistema convencional, fator que pode inviabilizar o sistema construtivo, mesmo com após contabilizar os ganhos de produtividade e geração de resíduos. ▪ Cadeia de fornecedores e montadores de estruturas metálicas é menor do que o conjunto de empresas que atuam na construção das estruturas de concreto. ▪ O aço é composto por minério de ferro, uma <i>commodity</i>, cujo preço é atrelado ao dólar e sujeito à oscilações no mercado mundial, o que torna mais difícil o controle dos custos deste material.

Fonte: Documento interno da empresa, 2020.

5 ESTUDO DE CASO

Neste capítulo é apresentado o estudo de caso do projeto Chucri Zaidan, um empreendimento real, que apresenta uma situação atípica de prazo dilatado de obra, calculado em 37 meses, considerando o método de construção convencional. Tal cronograma é resultado da decisão do permutante de não cessar as atividades da loja existente, durante a construção do empreendimento, fato que levou a engenharia da Yuny a planejar a execução da obra em 2 fases e estudar o uso de sistemas modulares para a redução do prazo de execução. Em caráter de comparação, considerando a construção em etapa única, o empreendimento teria um prazo total de 24 meses de obras, como poderá ser verificado adiante.

Para analisar se o empreendimento é válido como investimento, foram simuladas 3 situações adicionais à construção convencional, utilizando-se sistemas modulares com graus distintos de complexidade e escala, de acordo com a classificação proposta por BERTRAM *et al* (2019), figura 7. Foram analisados e comparados, entre as simulações, os custos, prazos, cronogramas físico-financeiros, as variáveis e intervalos de stress, e os indicadores de investimento e da qualidade do investimento, nos cenários referenciais e estressados. Os valores em R\$ estão na base de abril/2020, mês de conclusão do orçamento da obra, e as considerações finais das simulações podem ser verificadas no capítulo 6.

O capítulo 5 apresenta a seguinte sequência para o desenvolvimento do estudo de caso:

- Descrição do projeto Chucri Zaidan.
 - Os sistemas modulares utilizados no modelo de estudo.
 - As fases de implantação da obra.
 - Os custos, prazos e cronogramas físico-financeiros, referentes à construção convencional e às simulações que, em relação à utilização dos sistemas modulares, replicam graus crescentes de escala, até o nível 4, e complexidade até o nível 2.
- i Construção convencional: definido como superestrutura em concreto armado, em laje plana moldada *in loco*, com vedações internas em alvenaria, revestidas em argamassa, gesso liso e pintura, e vedações externas em alvenaria, revestidas com argamassa e pintura.

O empreendimento é classificado como grau 0 de complexidade e escala, por não ter soluções modulares para as estruturas, vedações, instalações e fachadas.

- ii Simulação 1: substituição das alvenarias de vedação interna pelo sistema *drywall* e troca da alvenaria de fachada com massa única e textura pelo sistema de fachada em painéis modulares.
- O empreendimento é classificado como grau 2 de complexidade e 2 em escala, por ter vedações e fachadas modulares pré-acabadas.
- iii Simulação 2: substituição dos banheiros montados *in loco* no sistema *drywall* por módulos de banheiros prontos, totalmente acabados.
- O empreendimento é classificado como grau 2 de complexidade e 3 em escala, por ter o sistema volumétrico de banheiro pronto, que apenas precisa dos fechamentos externos em *drywall*, após a instalação na unidade privativa.
- iv Simulação 3: alteração da superestrutura em concreto por estrutura metálica, com laje em painéis pré-fabricados.
- O empreendimento é classificado como grau 2 de complexidade e 4 em escala, por ter a estrutura, as vedações internas, fachadas e banheiros prontos construídos em sistemas modulares, constituindo uma estrutura completa, porém pré-acabada.
- Considerações iniciais da AQI.
 - Premissas e dados de entrada da AQI
 - Análise do investimento e da qualidade do investimento para o cenário referencial e estressado, referentes à construção convencional e às 3 simulações.

5.1 Descrição do projeto Chucri Zaidan

O projeto Chucri Zaidan está localizado em um terreno na intersecção da Avenida Chucri Zaidan com a Rua José Oiticica, no bairro do Brooklin em São Paulo, em uma zona de estruturação urbana. Possui área de 3.390,04 m² (63,07 m de testada principal e 53,75 m de testada secundária) e atualmente abriga uma loja de prestação de serviços, com área construída de 3.601,30 m².

Em seu entorno existe uma predominância de edificações comerciais, com destaque para a quantidade considerável de edifícios de escritórios de alto padrão¹⁶.

¹⁶ Disponível em: <<http://www.revistaqualimovel.com.br/noticias/berrini-concentra-25-de-escritorios-de-alto-padrao-de-sp>>. Dados da consultoria Jones Lang Lasalle apontam que, o eixo que compreende as avenidas Engenheiro Luís Carlos Berrini e Chucri Zaidan, tem 58 edifícios de classe A e AA, totalizando 1.173 milhão de m², 61 torres de classificação B, com 384 mil m² e 41 prédios de classificação C, com 130 mil m². Acesso em 09 de março de 2020.

Figura 22 - Localização do imóvel Chucri Zaidan

Fonte: Adaptado da Página do Google Maps¹⁷.

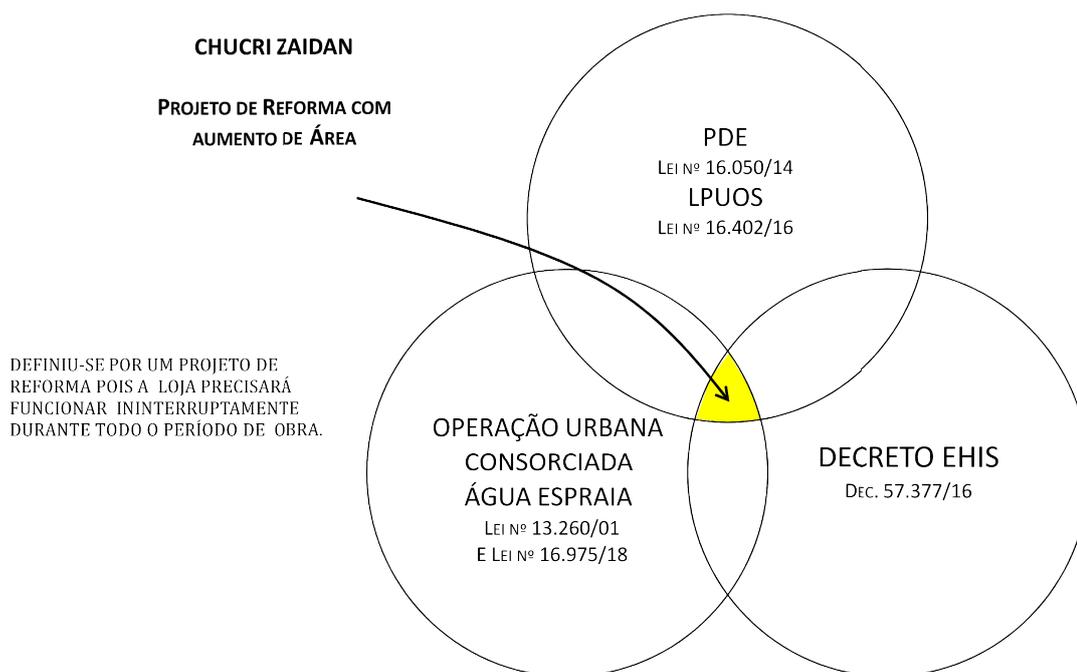
A região possui uma infraestrutura composta por energia elétrica, extensões de rede de esgoto, água potável e águas pluviais, sistema viário, telefone, rede de dados e televisão, serviços postais, limpeza e conservação viária. Como pontos de referência, o imóvel dista, aproximadamente:

- Infraestrutura comercial e cultural do entorno:
 - Teatro Vivo a 110 m;
 - Supermercado Pão de Açúcar a 220 m;
 - Shopping Market Place a 350 m;
 - Morumbi Shopping a 450 m;
 - Telha Norte a 180 m;
- Infraestrutura de transportes:
 - Estação Morumbi da CPTM a 500 m;
 - Estação Brooklin de Metro a 1.400 m;
 - Em frente à ciclovia da Avenida Chucri Zaidan
 - Em frente ao ponto de ônibus da Rua José Oiticica

¹⁷ Disponível em: < maps.google.com>. Acesso em 09 de março de 2020

Por estar situado dentro da área da Operação Urbana Água Espreada¹⁸, o projeto foi concebido para ser um edifício de uso misto, com o total de 664 entre unidades residenciais e não residenciais, que está sujeito às leis .nº 16.050 do PDE e nº 16.402/16 do LPUOS, além do decreto EHIS nº 57.377/16, conforme demonstrado na figura seguinte.

Figura 23 - Regras a que o projeto está sujeito



Fonte: Documento interno da empresa, 2020.

De acordo com a Lei 16.402, título V, capítulo I, seção I, as unidades nR que compõem este projeto, diferenciam-se conforme abaixo:

- III - nR1-3: comércio diversificado de âmbito local: estabelecimentos de venda direta ao consumidor de produtos relacionados ou não ao uso residencial de âmbito local;
- VI - nR1-6: serviços profissionais: estabelecimentos destinados à prestação de serviços de profissionais liberais, técnicos ou universitários ou de apoio ao uso residencial;

¹⁸ Adaptado de: <<http://www.prefeitura.sp.gov.br>>. A Operação Urbana Consorciada Água Espreada foi criada para promover a reestruturação da região que contempla parte da Marginal Pinheiros, Avenida Chucri Zaidan, Avenida Jornalista Roberto Marinho, assim como a área ao longo do córrego Jabaquara. Prevê intervenções como a abertura e extensão da Avenida Roberto Marinho até a Rodovia dos Imigrantes, propondo a criação de um parque linear ao longo do córrego Jabaquara (Via Parque), um novo sistema viário e o reassentamento de centenas de famílias em projetos de Habitação de Interesse Social na proximidade.

Acesso em 09 de março de 2020.

- XII - nR1-12: serviços de hospedagem ou moradia;

De acordo com o projeto e seguindo a classificação descrita na Lei 16.402, as unidades nR terão as seguintes funções:

- nR-3: 06 lojas comerciais no pavimento Térreo e que comporão a fachada ativa;
- nR-6: 01 nova loja, a ser construída em caráter de permuta física, no pavimento Térreo;
- nR-12: 62 apartamentos que serão entregues com revestimentos e poderão ser utilizados como flats, devido a sua individualidade em relação às demais unidades do projeto, distribuídos entre o 4º e 12º pavimentos.

Com relação à torre de apartamentos residenciais, distribuídos entre 2º ao 19º pavimentos, o empreendimento foi dividido conforme abaixo:

- Unidades HIS: 500 apartamentos destinados às famílias com renda bruta de até R\$ 5.988,00, incluso as 18 unidades destinadas ao público PCD (Pessoa Com Deficiência), de acordo com o decreto 57.377/16. As unidades residenciais nesta faixa de público estão limitadas ao valor de R\$ 240.000, devido à faixa de renda estabelecida em capitais classificadas pelo IBGE como metrópoles, no qual se situa a cidade de São Paulo/SP.
- Unidades HMP: 95 apartamentos destinados às famílias com renda bruta familiar de R\$ 9.980,00. O valor máximo de venda das unidades neste segmento de público é de R\$ 320.000, devido à faixa de renda, seguindo a mesma regra de localização descrita das unidades HIS.

O projeto conta com uma área total construída de 27.437,85 m² e uma área total privativa de 18.314, m², distribuídos conforme pavimentos e tipologias a seguir:

Pavimentos:

- 1 subsolo destinado às áreas técnicas, reservatórios e bicicletário, sem vagas de garagem.
- Pavimento térreo e 1º pavimento, com lojas, uma agência bancária e áreas públicas.
- 2º pavimento, com áreas comuns do condomínio e unidades residenciais.
- 3º pavimento, com unidades residenciais.

- 4º ao 11º pavimento, com unidades residenciais e não residenciais.
- 12º pavimento, com unidades residenciais e não residenciais, 1 lavanderia
- 13º ao 17º pavimento, com unidades residenciais;
- 18º pavimento, com unidades residenciais, 1 *fitness* externo e 1 *pet place*;
- 19º pavimento, com unidades residenciais;
- Cobertura e 20º pavimento, com reservatórios, 1 piscina e 1 churrasqueira.

Tipologias das unidades privadas:

- Tipo 1: 1 dormitório, 1 banheiro com 29,97 m² à 30,47 m²
- Tipo 2: Studio, 1 banheiro com 24,00 m² à 24,61 m²
- Tipo 3: 2 dormitórios, 1 banheiro com 39,32 m²
- Tipo 4: 2 dormitórios, 1 banheiro com 48,03 m²
- Tipo 5: 2 dormitórios, 1 banheiro com 48,64 m²
- Tipo 6: 2 dormitórios, 1 banheiro com 36,60 m²
- Lojas no pavimento térreo: 6 unidades com jirau, totalizando 464,63 m²
- Permuta física: 1 nova loja de serviços com 499,49 m²

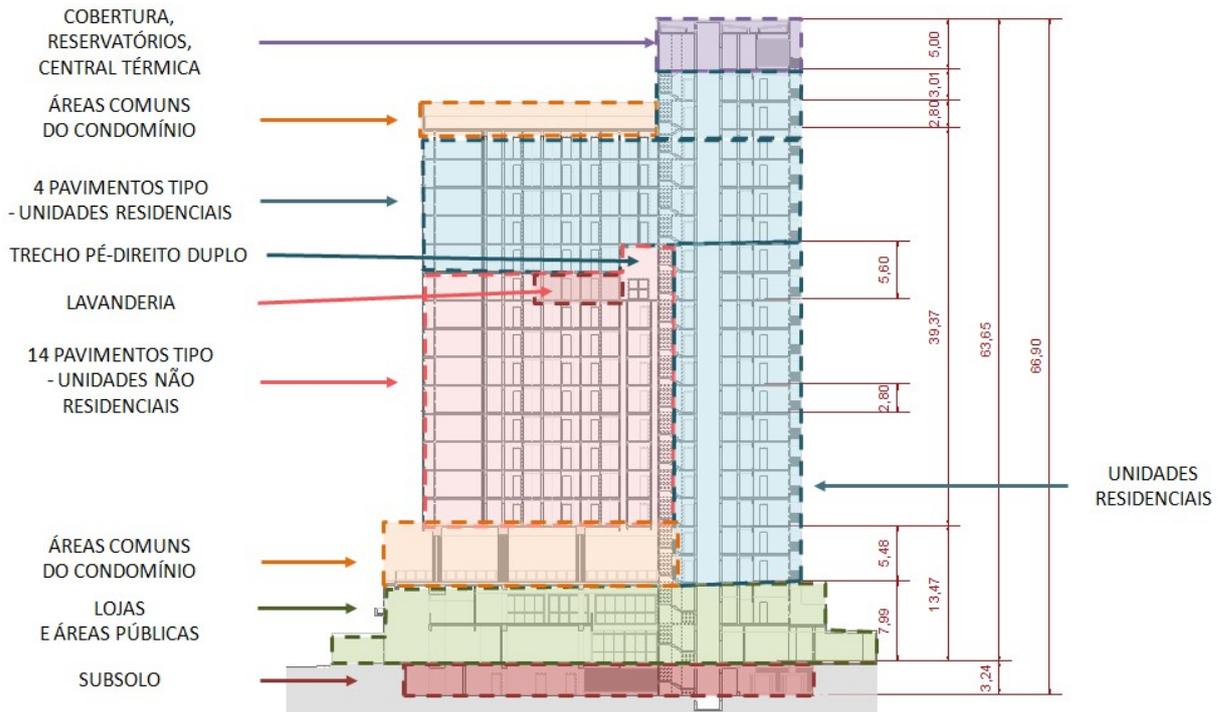
A seguir, segue a perspectiva, corte e implantação do projeto:

Figura 24 - Perspectiva do imóvel Chucri Zaidan



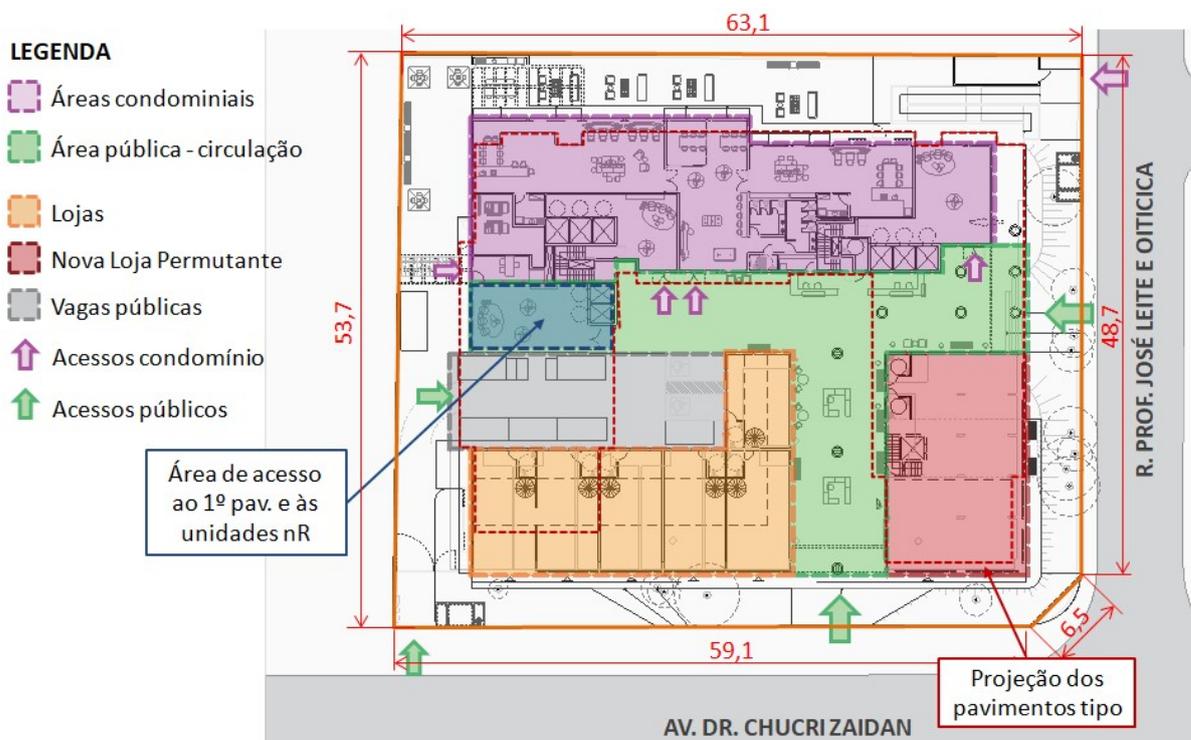
Fonte: Documento interno da empresa, 2020.

Figura 25 - Corte esquemático do imóvel Chucri Zaidan



Fonte: Documento interno da empresa, 2020.

Figura 26 - Implantação no nível Térreo do imóvel Chucri Zaidan



Fonte: Documento interno da empresa, 2020.

5.2 Os sistemas industrializados utilizados no modelo de estudo

Diante das opções existentes no mercado brasileiro, foram selecionados os sistemas modulares a serem estudados no projeto do Chucri Zaidan, com base em critérios de custos, na possibilidade de antecipações de prazo de execução e na disponibilidade de fornecedores do mercado que conseguem atender um empreendimento deste porte, comparando-os com o sistema convencional de construção, que considera a superestrutura em concreto, as vedações em alvenaria e as instalações montadas no canteiro de obras. Assim, a seleção dos sistemas que compõem as simulações, está composta em superestrutura metálica, vedações internas em *drywall*, banheiros prontos e fachadas pré-fabricadas em LSF

5.3 Plano de ataque da obra

O fato do permutante não ter aceitado a desmobilização temporária da equipe da loja para um local fora da área do terreno, constitui-se um fator determinante no prazo de construção da edificação, já que será necessário manter a equipe atual da loja em um espaço reduzido, na própria edificação, durante a execução da unidade nova loja do permutante (unidade nR-6). Portanto a logística que foi elaborada, independentemente do sistema construtivo que será utilizado na edificação, considera a execução em 2 etapas:

- **1ª fase:** 2 meses para a demolição do local onde será implantada a nova loja e 11 meses para a execução das fundações, superestrutura, instalações, vedações, mobília e documentação legal para o funcionamento da nova edificação, totalizando o prazo de 13 meses.
- **2ª fase:** 3 meses para a demolição do restante da edificação existente e um prazo de construção do prédio, que contempla as unidades nR-3, nR-12 e as unidades residenciais, que pode variar de 16 meses a 24 meses, em função do uso dos sistemas modulares, conforme demonstrado a partir do subtópico à seguir.

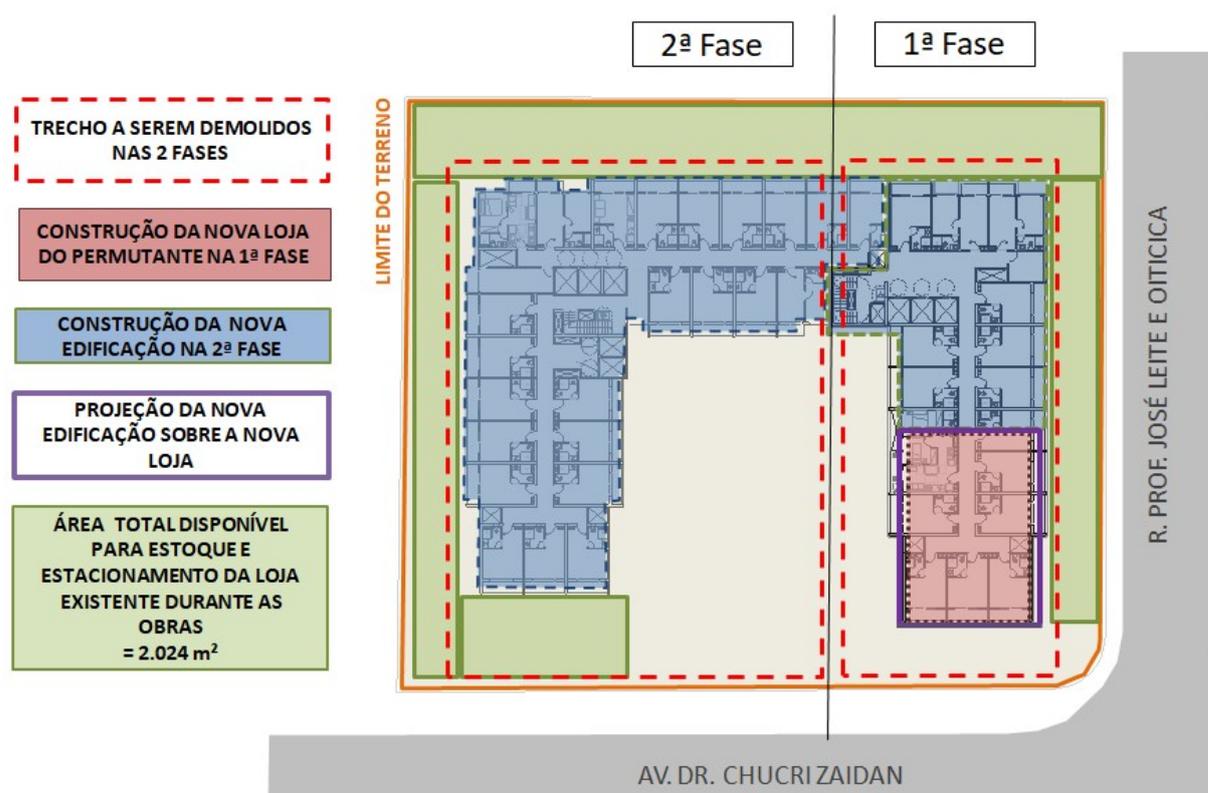
Figura 27 - Fases da demolição da loja existente



Fonte: Adaptado da Página do Google Maps¹⁹.

¹⁹ Disponível em: < maps.google.com>; Acesso em 09 de março de 2020.

Figura 28 – Mapa do plano de execução das obras



Fonte: Documento interno da empresa, 2020.

5.4 Os custos, prazos e cronogramas físico-financeiros

Nesta etapa do trabalho são apresentados os custos, prazos, cronogramas físico-financeiros da construção convencional e das simulações 1, 2 e 3, que utilizam soluções pré-fabricadas com graus distintos de escala e complexidade. O objetivo é apresentar os impactos nos orçamentos e evoluções físicas das obras, resultantes da utilização de cada sistema modular, quando comparado à construção convencional.

Consoante aos métodos de construção propostos, são sugeridos os intervalos de stress para as variáveis de custo, prazo, receita e velocidade de vendas, com o objetivo de fundamentar a sensibilidade dos indicadores do investimento e da qualidade do investimento da AQI, denotada no capítulo 5.5.

O formato contratual considerado para a futura contratação da Construtora, que executará o empreendimento, é o PMG²⁰, cujos valores do orçamento estão divididos da seguinte forma:

²⁰ PMG: O contrato PMG se expressa na contratação de uma empresa para a execução de um empreendimento, com o conhecimento de um orçamento e um prazo previamente acordados entre o Contratante e o Contratado.

- Despesas Diretas: despesas relacionadas ao fornecimento de materiais, serviços, equipamentos e demais itens necessários à realização do Empreendimento, que, ao fim dos Serviços, ficarão incorporadas ao Imóvel;
- Despesas Indiretas: fornecimento de materiais, serviços, equipamentos e demais itens necessários à realização do Empreendimento, que, ao fim dos serviços, não ficarão incorporadas ao imóvel.
- Taxa de administração: percentual aplicado sobre a somatória das despesas diretas e despesas indiretas, à título de bonificação e pagamento das despesas indiretas da administração central da construtora.
- Taxa de assistência técnica: percentual aplicado sobre a somatória das despesas diretas e despesas indiretas, à título de reserva para assistência técnica do empreendimento, no período pós obra.

O trabalho de elaboração dos orçamentos e cronogramas, que servirão como base para a contratação da Construtora, foram gerados pela equipe de engenharia da empresa Yuny, em parceria com a empresa de planejamento Produtime. A Yuny geralmente trabalha com taxas de administração entre de 7% a 9%, por isso para o estudo de caso será adotado o valor de 8%. Já para a taxa de assistência técnica foi considerado o valor de 1%, de acordo com o histórico da empresa, nos serviços de manutenção dos empreendimentos de padrão econômico.

5.4.1 Construção convencional

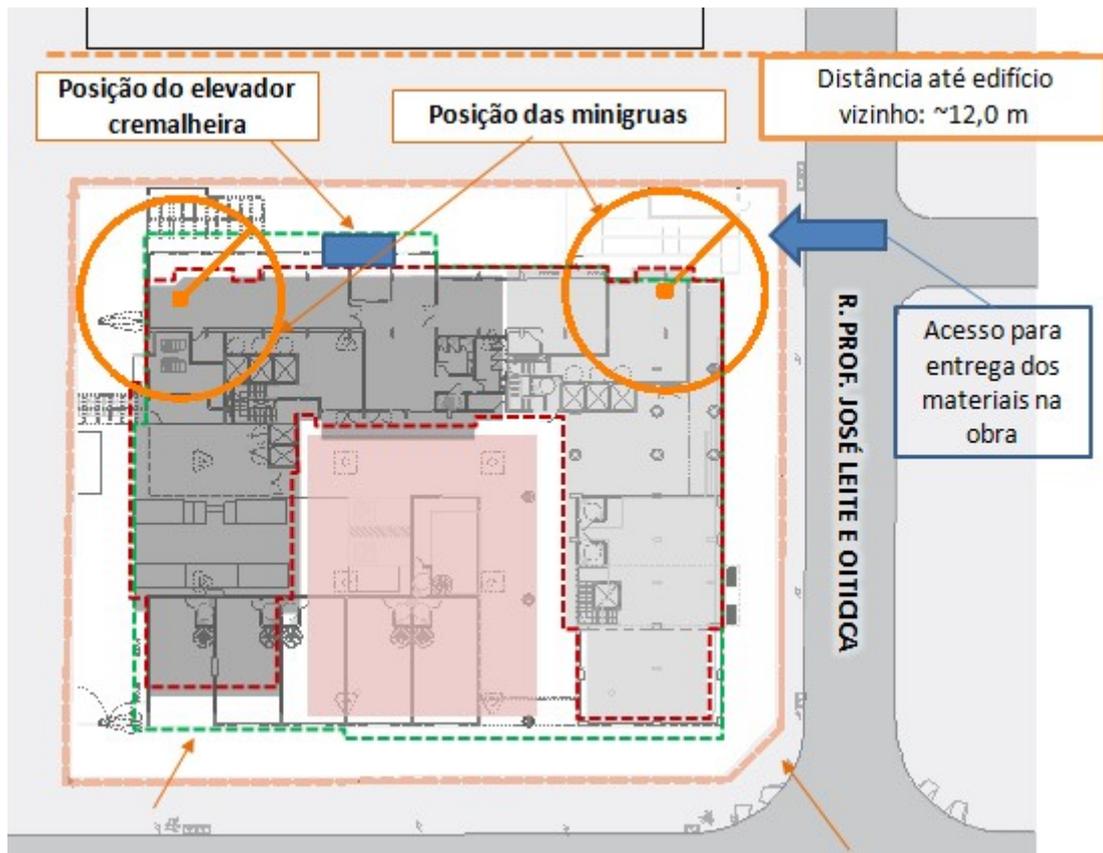
O sistema de construção convencional, considerado para o projeto, é a utilização da superestrutura da edificação em laje plana, com concreto armado, e as vedações externas e internas em alvenaria, com revestimentos em argamassa e gesso. Como solução para o transporte vertical, foram dimensionados elevadores cremalheira e mini guas.

Para esta opção construtiva, o plano de ataque considera o prazo total de 37 meses, sendo 13 meses para a execução da 1ª fase e 24 meses para a construção do prédio residencial e das unidades comerciais na 2ª fase. A sequência construtiva consiste na concretagem da superestrutura e, posteriormente, a execução das alvenarias internas e externas nos pavimentos que estiverem sem escoramento. O gesso liso e argamassa de revestimento das

alvenarias internas são executados após a execução das taliscas e, após o término da alvenaria de fachada, serão montados os balancins para a aplicação da massa única.

Para o transporte vertical, foi calculado o uso de 1 elevador cremalheira com cabine dupla de alta velocidade (60m/min) e 2 minigruas, conforme figura a seguir:

Figura 29 - Transporte vertical na construção convencional



Fonte: O autor, 2020.

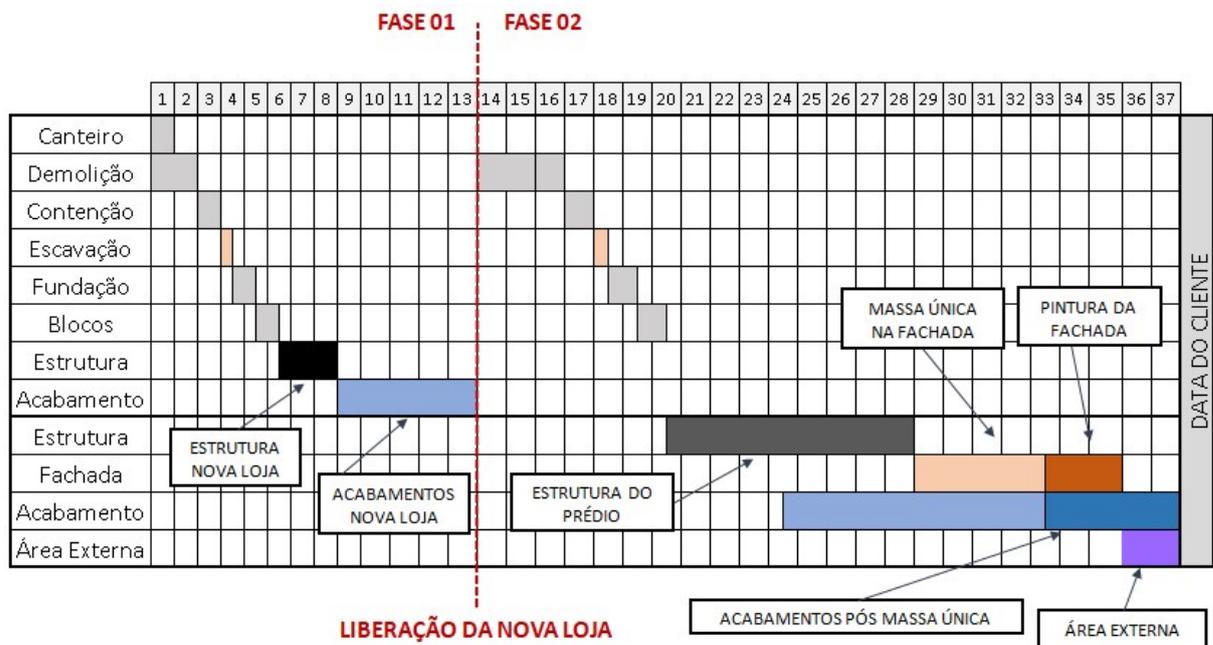
O custo total da obra nesta opção ficou em R\$ 66.362.311 (APÊNDICE I). Abaixo, segue a tabela 8, que resume os custos e o prazo da obra.

Tabela 9 - Resumo dos custos da construção convencional

CONVENCIONAL		
Despesas Diretas	100,0%	R\$ 53.977.976
Despesas Indiretas	100,0%	R\$ 6.904.878
Taxa de Administração	8,0%	R\$ 4.870.628
Assistência Técnica	1,0%	R\$ 608.829
Custo de Obra		R\$ 66.362.311
Custo/m² na Área Construída		R\$ 2.419
Custo/m² na Área Privativa		R\$ 3.623
Prazo de obra		37 meses

Fonte: O autor, 2020.

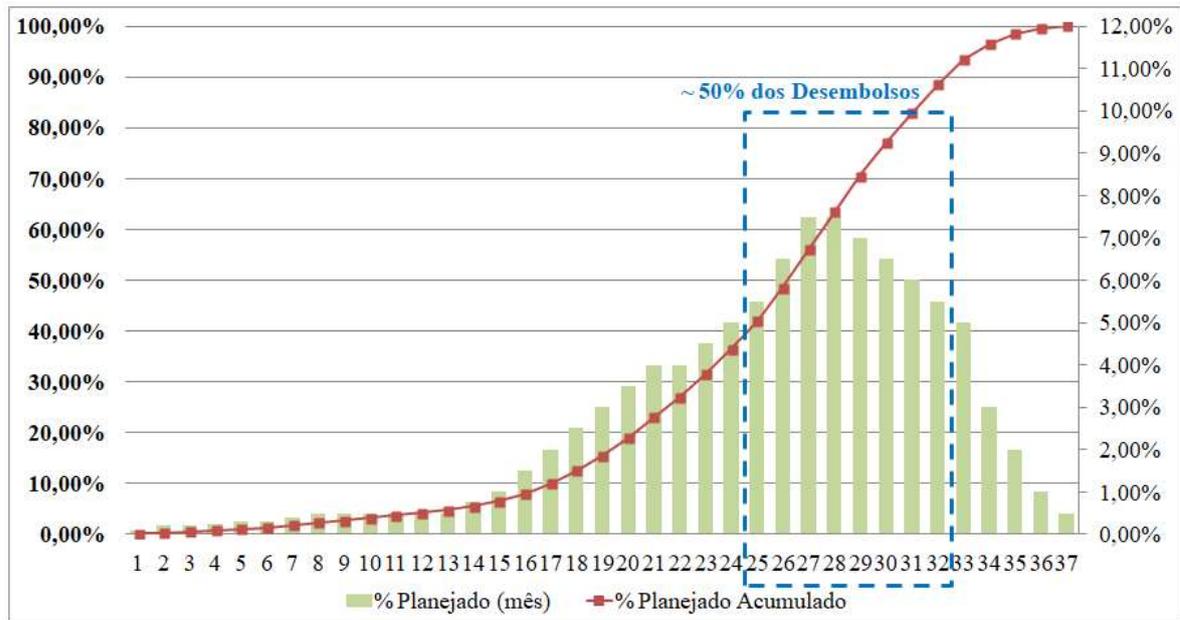
Figura 30 - Cronograma físico da construção convencional



Fonte: Documento interno da empresa, 2020.

Com base no orçamento e no cronograma físico, foi elaborada a distribuição da curva físico-financeira, que será usada para a análise da qualidade do investimento. Para efeito de análise, foi adotado o percentual de 50,0% para a visualização do período de maior desembolso durante o período das obras, que neste cenário ocorre entre os meses 25 à 32. A análise deste período tem como objetivo, a comparação do comportamento dos desembolsos financeiros para diferentes métodos construtivos:

Gráfico 2 - Cronograma físico-financeiro da construção convencional



Fonte: O autor, 2020.

Em conformidade com o método construtivo convencional, foram estabelecidos os seguintes intervalos de stress para as variáveis de custo, prazo, receita e velocidade de vendas:

- Prazo de produção:

Até 4 meses de acréscimo: adotou-se um desvio no cronograma de obras com base em eventualidades que possam ocorrer durante a construção: Ex.: sinistros de obra, embargos, greves, problemas com empreiteiros e chuva acima da média histórica.

- Custo da permuta física (nova loja) e da produção da edificação:

Até 8% de acréscimo: este percentual cobrirá desvios de erros de projetos, alterações não previstas de especificações de materiais e preços de insumos que aumentem acima do planejado, principalmente em função do extenso prazo de obra de 37 meses.

- Receita de vendas:

Até 6% de redução: como o empreendimento está exposto a um cronograma de construção dilatado, este percentual cobrirá possíveis descontos nos apartamentos, devido às mudanças negativas no cenário macroeconômico do país que possam impactar no poder de compra dos clientes.

- Velocidade de vendas:

Os percentuais a seguir foram adotados com base no histórico de empreendimentos da Yuny Incorporadora, após analisar o número de unidades do empreendimento, o prazo de lançamento e construção, o momento econômico do setor do *real estate* e a

capacidade de absorção de unidades pelo mercado, na zona de entorno do empreendimento:

- 30% no lançamento; 40% durante o ciclo de produção e 30% de estoque, a ser vendido em até 6 meses após a entrega do empreendimento. Assim como a receita de vendas, estes percentuais objetivam estressar os cenários, em função de possíveis alterações na velocidade de vendas, ocasionadas por mudanças negativas no cenário macroeconômico do país.

5.4.2 Simulação 01: superestrutura no sistema convencional, com vedações internas e banheiros em *drywall* e fachada pré-fabricada

Nesta 1ª simulação, o sistema de fachada panelizado, com *ultrawall*, substitui as vedações externas, convencionalmente construídas em alvenaria com revestimentos em argamassa e textura, e as vedações internas em alvenaria, revestidas em argamassa e gesso são substituídas pelo sistema *drywall*, elevando o conjunto para o grau 2 de escala e complexidade, por conter soluções de painéis pré-acabados. Esta composição de sistemas pré-fabricados reduziu o prazo total de obra de 37 meses para 34 meses, ou seja, 3 meses a menos no cronograma de construção da 2ª fase, considerando o mesmo sistema transporte vertical da construção convencional, porém com uma das cabines do elevador cremalheira com dimensões adaptadas para o recebimento das placas de gesso acartonado das vedações internas e externas. A instalação das chapas industrializadas nas fachadas será realizada com o auxílio de balancins.

O plano de ataque desta simulação, considerando a 2ª fase, consiste na concretagem da superestrutura e, sequencialmente, a montagem do sistema *drywall*, a partir dos pavimentos que estiverem livres de escoramentos, juntamente com instalação da estrutura metálica do LSF de fachada. A montagem dos painéis externos será iniciada somente após o término da superestrutura em concreto.

Com relação ao custo (APÊNDICE II), o sistema de fachada panelizada, sem os benefícios de redução de prazo e peso sobre a estrutura e a fundação, ficou em R\$ 3.481.032, ou seja, 36,7% superior ao valor de R\$ 2.547.097 da fachada convencional. A partir deste momento foram analisados os benefícios da redução de peso, sobre a estrutura e a fundação, e a redução do valor das despesas indiretas, devido à antecipação de 3 meses na entrega da obra. Tais fatores impactaram no custo total da fachada industrializada levando o valor para o patamar de R\$ 2.793.653, ou seja, 9,7% superior à fachada convencional. Já o sistema *drywall*

ficou em R\$ 4.145.727 (APÊNDICE III), já considerando uma redução importante nos custos de fundação e de estrutura de R\$ 713.031. Já o valor do sistema em alvenaria com revestimento em argamassa e gesso, ficou em R\$ 4.171.425. Portanto, os valores de ambos os métodos construtivos ficaram próximos, com uma economia de 0,6% à favor do *drywall*.

Comparado-se os custos e prazos dos 2 sistemas modulares com os valores apresentados nos capítulos 4.1 e 4.2, são observadas as seguintes diferenças:

Drywall: o resultado apresentado no capítulo 4.1, quanto à redução substancial no custo, em função das reduções no peso e na geração de entulhos, além de um prazo inferior em até 4 meses, ficou aquém do observado no estudo de caso, que apresentou uma diferença quase nula no custo do *drywall*, em relação ao sistema em alvenaria, e uma diferença de prazo inferior à 1 mês. Conclui-se que tais diferenças entre os valores do capítulo 4.1 e o do estudo de caso podem ser em função das diferenças arquitetônicas e especificações técnicas das vedações entre os produtos imobiliários, já que o projeto do capítulo anterior era um edifício comercial.

Fachada panelizada: neste caso a diferença entre os custos demonstrados no capítulo 4.2, 81,7%, sem a inclusão das possíveis reduções, e um ganho de prazo de 5 meses, para uma fachada de 10.000 m², diferem do percentual de acréscimo de 36,7% no custo e no ganho de prazo de 3 meses, para uma fachada de aproximadamente 8.000 m², referente ao estudo de caso. Provavelmente, quanto ao custo, os valores são divergentes devido ao fato do empreendimento do capítulo 4.2 ser um prédio residencial mais alto do que o produto imobiliário do estudo de caso, fator que pode trazer um redimensionamento no sistema LSF em função dos esforços de vento. Já em relação ao prazo, um prédio residencial mais alto pode se beneficiar mais do prazo do sistema LSF, em relação à fachada convencional, visto que o ciclo de produção da fachada em alvenaria pode ser proporcionalmente maior, quanto mais alta for a edificação.

Em resumo, o custo total da obra nesta opção de simulação ficou em R\$ 66.603.047, com o prazo total de obra de 34 meses. A seguir, segue a tabela 9, que resume os custos e o prazo da obra.

Tabela 10 - Resumo do custo na simulação 01

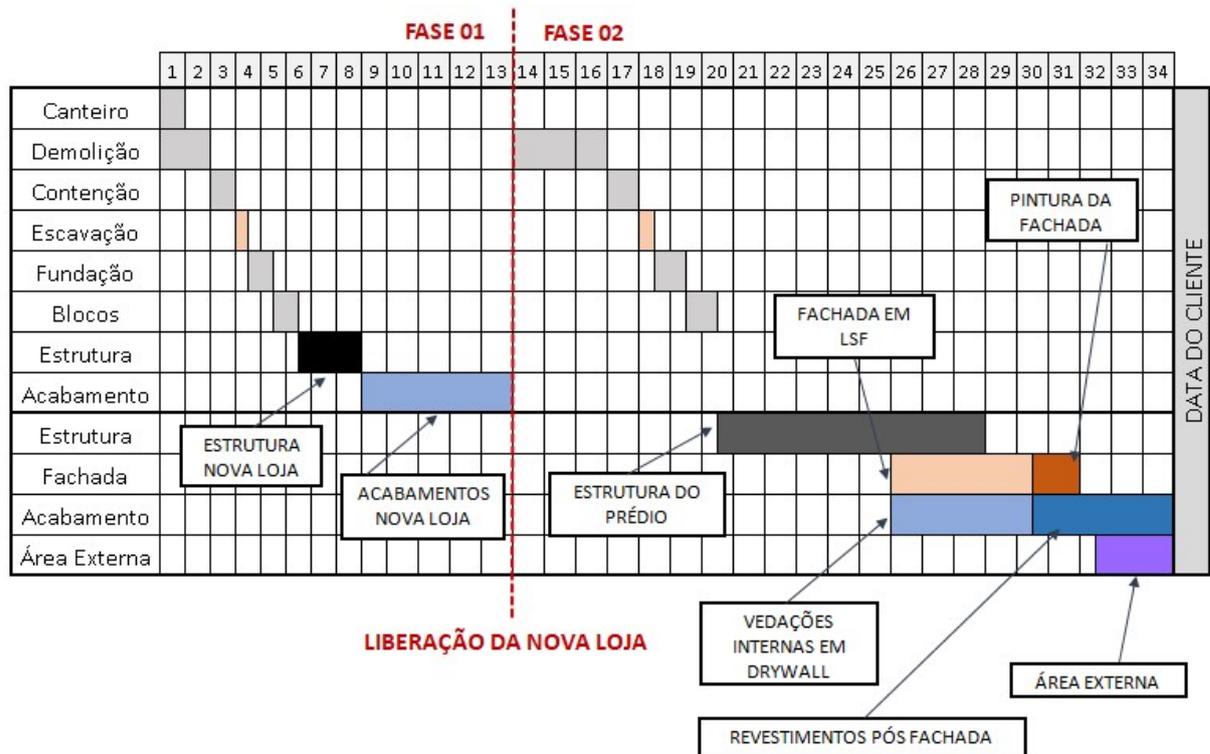
		CONVENCIONAL	SIMULAÇÃO 01
Despesas Diretas	100,0%	R\$ 53.977.976	R\$ 54.573.835
Despesas Indiretas	100,0%	R\$ 6.904.878	R\$ 6.529.878
Taxa de Administração	8,0%	R\$ 4.870.628	R\$ 4.888.297
Assistência Técnica	1,0%	R\$ 608.829	R\$ 611.037
Custo de Obra		R\$ 66.362.311	R\$ 66.603.047
Custo/m² na Área Construída		R\$ 2.419	R\$ 2.427
Custo/m² na Área Privativa		R\$ 3.623	R\$ 3.637
Prazo de obra		37 meses	34 meses

Fonte: O autor, 2020.

Nota-se que o ganho de prazo no cronograma físico, proporcionado pela fachada pré-fabricada, ocorre pelo fato de que a estrutura em LSF pode ser executada paralelamente à execução da estrutura em concreto, com a vantagem dos painéis em *ultrawall* poderem ser instalados em 1,5 meses, após o término da estrutura, diferentemente da fachada convencional, que demanda 4,5 meses, após o término da estrutura, devido às diversas etapas de execução: montagem dos balancins, limpeza da fachada, encunhamento, chapisco e aplicação da massa única.

O planejamento de execução também prevê a montagem da estrutura do *drywall*, e das instalações hidráulicas e elétricas, paralelamente à execução da estrutura do LSF. A etapa de chapeamento nas 2 faces do *drywall* somente será iniciada, após o chapeamento externo do LSF.

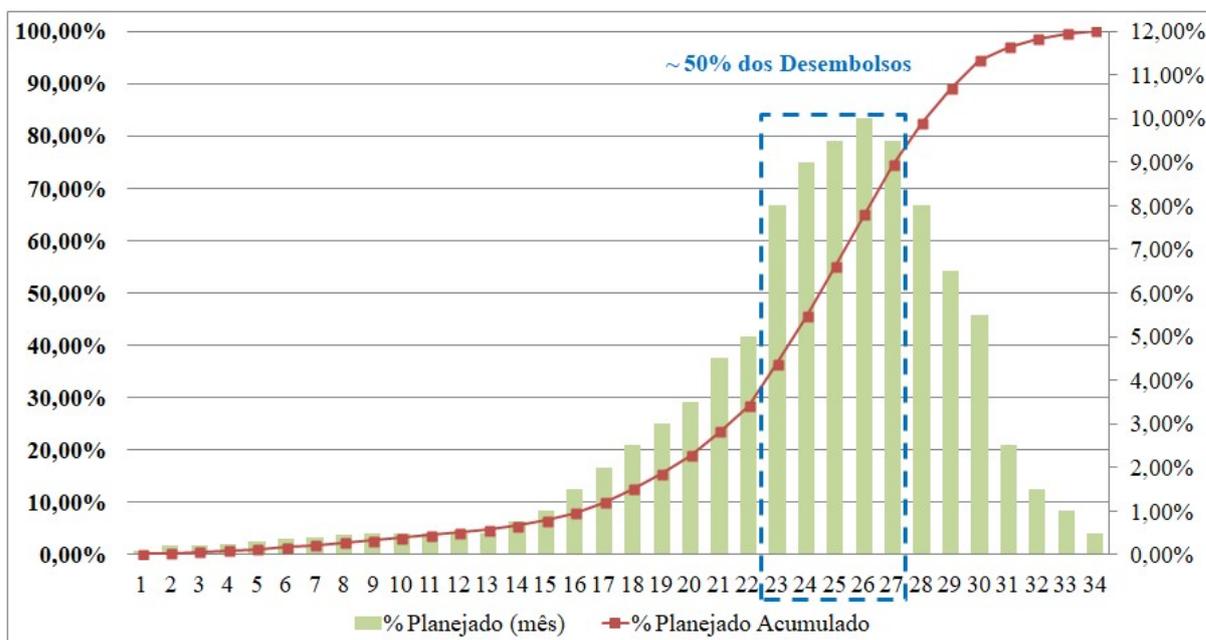
Figura 31 - Cronograma físico na simulação 01



Fonte: Documento interno da empresa, 2020.

Observou-se também que, devido ao fato da fachada ser pré-fabricada, existe a necessidade de um desembolso antecipado de 3 meses, em relação ao início da instalação, para a fabricação das unidades no pátio fabril, que foi compensado parcialmente pela postergação de 1 mês na execução do *drywall*. Portanto, a curva de desembolso físico-financeiro acaba sendo comprimida, em função do ganho de prazo e da necessidade de desembolso financeiro antecipado, para a fabricação dos painéis de fachada. Os maiores desembolsos, que compreendem 50% dos gastos, ocorrem entre os meses 23 e 27, com patamares mensais de até 10,0%:

Gráfico 3 - Cronograma físico-financeiro na simulação 01



Fonte: O autor, 2020.

De acordo com o método construtivo proposto na simulação 01, foram estabelecidos os seguintes intervalos de stress para as variáveis de custo, prazo, receita e velocidade de vendas:

- Prazo de produção:

Até 3 meses de acréscimo: o prazo adicional foi reduzido de 4 para 3 meses, em relação à construção convencional, pois os sistemas modulares de vedações e fachadas facultam a menor dependência de mão de obra, sendo menos afetado por greves ou acidentes de obra; possuem uma menor interferência de chuvas, pelo fato das construções modulares produzirem os seus componentes em ambiente fabril, que não são sujeitos às intempéries; e possibilitam uma menor exposição da verba das despesas indiretas, tais como vale transporte, vale alimentação, contas de energia e água do canteiro, aos acréscimos vinculados à extensão do prazo de obras.

- Custo da permuta física (nova loja) e da produção da edificação:

Até 6% de acréscimo: este percentual foi reduzido de 8% para 6%, pois os sistemas industrializados propostos podem ser contratados por meio da modalidade preço fechado²¹, incluindo material e mão de obra, diferentemente dos contratos efetuados na construção convencional, que não possibilitam o congelamento dos preços de

²¹ Contrato preço fechado (ou preço fixo): nesta modalidade contratual, o vendedor se obriga a entregar o objeto do contrato, ao comprador, por um preço previamente fixado, dentro das dimensões e especificações constantes no projeto.

materiais, como por exemplo, o cimento. O sistemas modulares propostos também não estão sujeito a variações abruptas de preço, por não terem grande exposição à variação de valores das *commodities*. O percentual de 6% ainda mantém uma contingência para cobrir os desvios de erros de projetos, alterações não previstas de especificações de materiais e aumento nos preços dos insumos, relativos às demais etapas construtivas que não são modulares.

- Receita de vendas:

5% de redução: este percentual foi reduzido de 6% da construção convencional para 5%, pois o prazo de obra foi antecipado de 37 meses para 34 meses, possibilitando que os indicadores econômicos e financeiros do empreendimento sejam menos suscetíveis às mudanças negativas no cenário macroeconômico do país, como por exemplo, um acréscimo abrupto na taxa de financiamento dos imóveis.

- Velocidade de vendas:

Mantidas as velocidades de vendas da construção convencional: 30% no lançamento; 40% durante o ciclo de produção e 30% de estoque, a ser vendido em até 6 meses após a entrega do empreendimento.

O prazo de construção, apesar da redução de 3 meses em relação ao sistema construtivo convencional, ainda é extenso, próximo de 3 anos, fator que pode trazer um risco quanto à liquidez nas vendas do empreendimento e uma percepção ruim do cliente, quanto ao longo ciclo de construção.

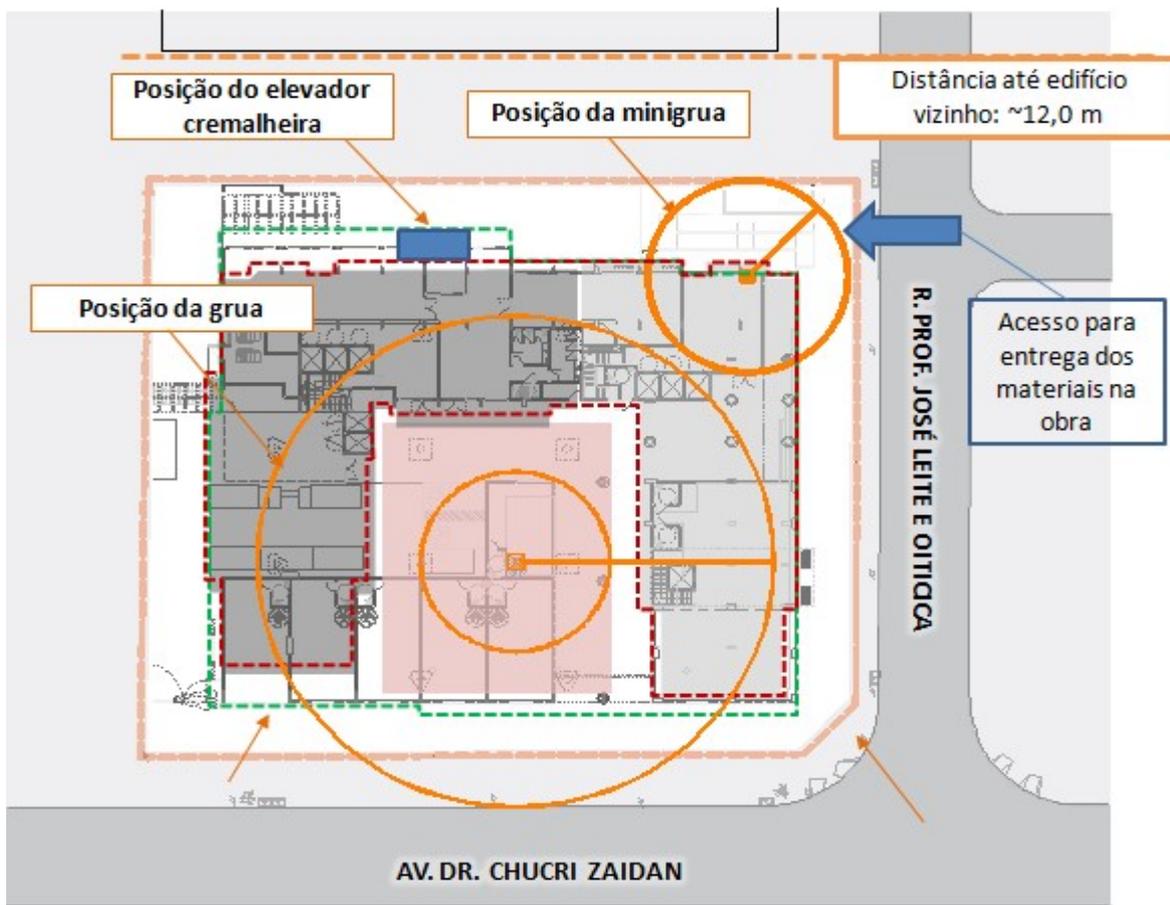
5.4.3 Simulação 02: superestrutura convencional, fachada e banheiros pré-fabricados

A inclusão do sistema de banheiros prontos na simulação 02, adicionalmente à fachada pronta e ao *drywall*, promoveu uma elevação no projeto para o grau 3 de escala, devido a introdução de elementos volumétricos, mantendo-se a complexidade no nível 2, devido os sistemas modulares serem pré-acabados. O prazo total foi reduzido de 37 meses, referente à construção convencional, para 32 meses nesta simulação, representando o ganho de 2 meses em relação à simulação anterior.

Com relação à logística de transportes, foi necessária a substituição de uma minigrua por uma grua, para o içamento dos banheiros modulares, devido o peso médio de cada módulo superar 2 toneladas. O elevador cremalheira, com uma cabine adaptada para as chapas acartonadas, e uma minigrua foram mantidos. Fez-se necessário um planejamento noturno

para a entrega dos módulos de banheiros pela avenida Chucri Zaidan, devido ao tamanho da carreta, para criar um estoque de módulos no térreo, conforme disposto na figura abaixo:

Figura 32 - Transporte vertical na simulação 02



Fonte: O autor, 2020.

O plano de ataque desta simulação, considerando a 2ª fase, consiste na concretagem da superestrutura e, sequencialmente, o içamento dos banheiros prontos para os pavimentos que estiverem livres de escoramentos. A estrutura do *drywall* será iniciada após a instalação dos módulos de banheiros, juntamente com instalação da estrutura metálica do LSF de fachada. A montagem dos painéis externos será iniciada somente após o término da superestrutura e o chapeamento interno, do sistema *drywall*, será executado após o início do chapeamento externo do LSF.

Havia uma expectativa de um ganho maior com esta solução, porém verificou-se que o banheiro pré-fabricado, apesar de imprimir agilidade no prazo de entrega e da disposição final, que em média é de 10 banheiros por dia útil (ANEXO I), fica na dependência da conclusão dos acabamentos dos demais ambientes do apartamento, como a instalação das

louças, metais, portas, granitos e pintura, que serão executados da forma convencional, após a entrega e instalação dos banheiros prontos.

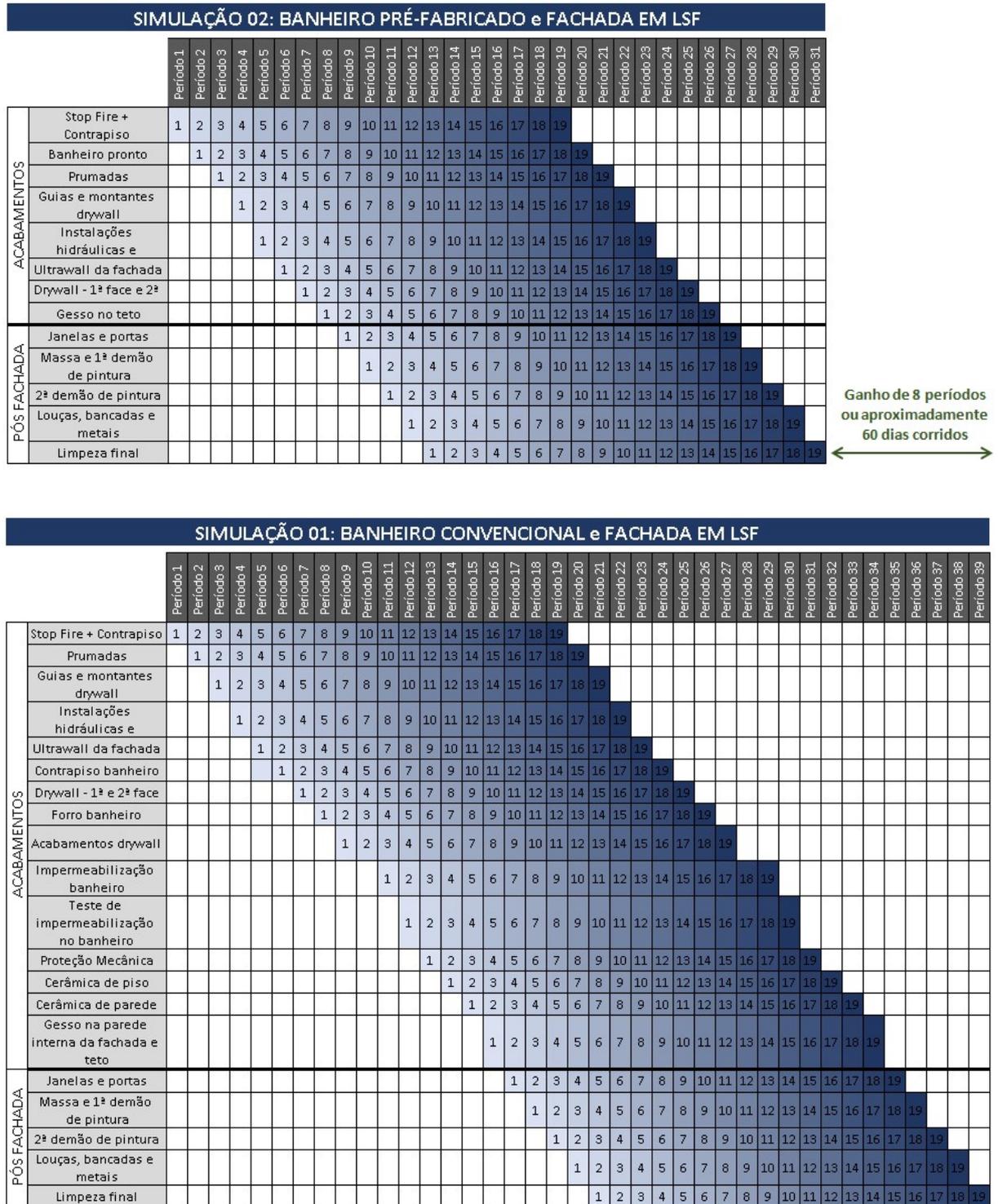
Com relação aos custos, foi verificado que o valor médio estimado de cada banheiro pronto ficou em R\$ 10.261 contra R\$ 9.041 (APÊNDICE IV) para a construção do banheiro convencional, ou seja, o sistema modular apresentou-se como uma alternativa 13,5% mais onerosa.

Comparado-se os custos e prazos do banheiro modular com os valores apresentados no capítulo 4.3, notou-se as seguintes diferenças:

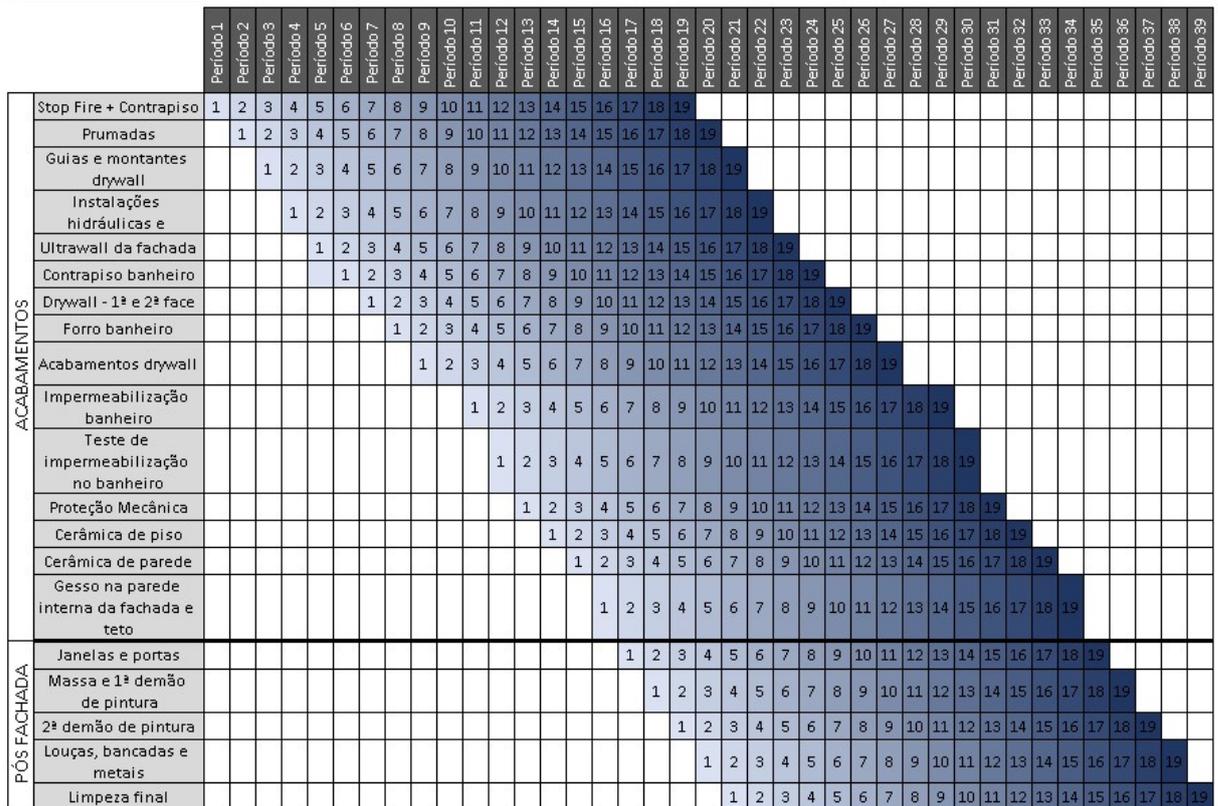
Banheiro Pronto: o resultado apresentado no capítulo 4.3, quanto a economia de 9,5% do sistema modular em relação ao banheiro convencional, diverge em relação ao acréscimo de 13,5% do estudo de caso. Ademais, a redução no prazo de obra de 5 meses também ficou bastante aquém da redução de apenas 2 meses no cronograma físico do Chucri. Apesar de tais diferenças no custo e no prazo serem amplas, deve-se observar que AMADIO (2015) apresenta o estudo de caso de um hotel Íbis, cujas características arquitetônicas propiciam uma maior velocidade de implantação dos banheiros prontos que, conseqüentemente, reduzem o custo do sistema modular e podem trazer uma maior diminuição do prazo total de obras, diferentemente do projeto deste estudo de caso, desenhado para uma construção convencional. Esta observação ressalta um aspecto importante ao incorporador, de que o projeto arquitetônico precisa ser planejado, desde sua concepção, já prevendo o uso de banheiros prontos, para que seja possível extrair um maior ganho de prazo e redução nos valores.

A seguir, é apresentada a sequência de serviços dos revestimentos internos, com o propósito de demonstrar que a redução no prazo da simulação 02, frente a simulação 01, é de apenas 2 meses. Cada período corresponde a 5 dias úteis ou 7 dias corridos:

Figura 33 - Comparativo da sequência de serviços entre as simulações 01 e 02



SIMULAÇÃO 01: BANHEIRO CONVENCIONAL e FACHADA EM LSF



Fonte: Documento interno da empresa, 2020.

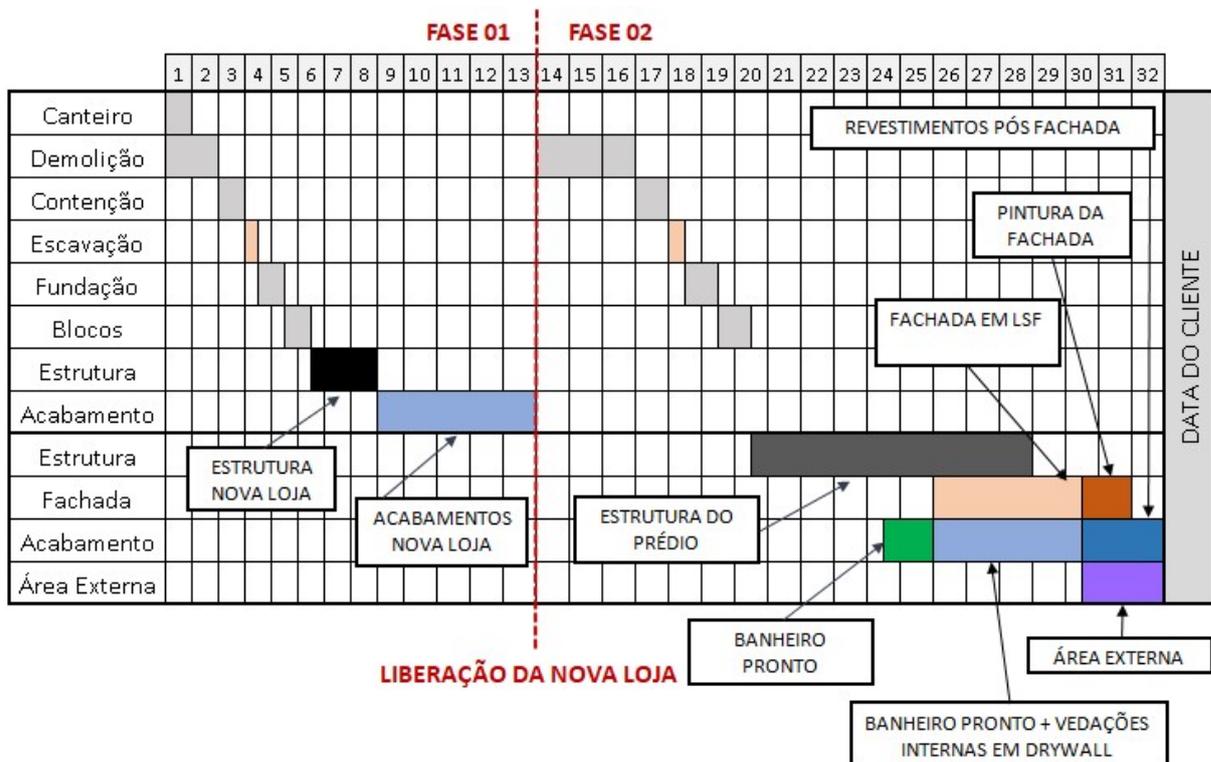
A tabela 11 resume o custo e o prazo total da obra, nesta simulação:

Tabela 11 - Resumo do custo na simulação 02

		CONVENCIONAL	SIMULAÇÃO 01	SIMULAÇÃO 02
Despesas Diretas	100,0%	R\$ 53.977.976	R\$ 54.573.835	R\$ 55.625.226
Despesas Indiretas	100,0%	R\$ 6.904.878	R\$ 6.529.878	R\$ 6.279.878
Taxa de Administração	8,0%	R\$ 4.870.628	R\$ 4.888.297	R\$ 4.952.408
Assistência Técnica	1,0%	R\$ 608.829	R\$ 611.037	R\$ 619.051
Custo de Obra		R\$ 66.362.311	R\$ 66.603.047	R\$ 67.476.563
Custo/m² na Área Construída		R\$ 2.419	R\$ 2.427	R\$ 2.459
Custo/m² na Área Privativa		R\$ 3.623	R\$ 3.637	R\$ 3.684
Prazo de obra		37 meses	34 meses	32 meses

Fonte: O autor, 2020.

Figura 34 - Cronograma físico na simulação 02

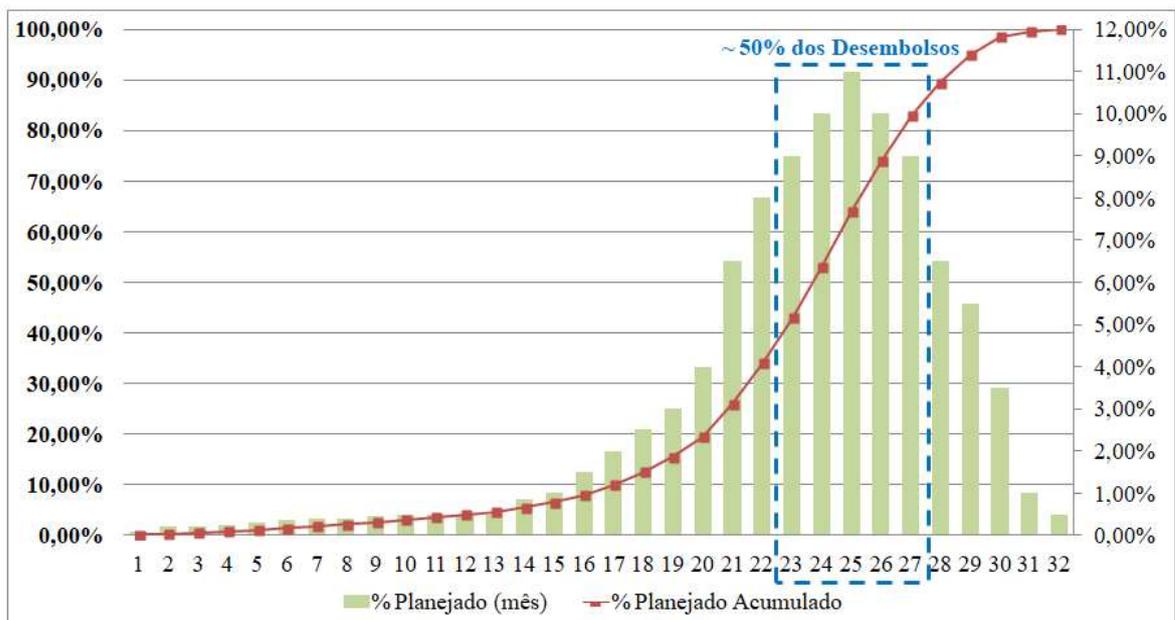


Fonte: Documento interno da empresa, 2020.

Adicionalmente, observou-se também que, devido ao fato da fachada e do banheiro serem pré-fabricados, existe a necessidade de um desembolso antecipado de 03 meses em ambos os casos, em relação ao início da instalação, para a fabricação das unidades no pátio fabril.

Abaixo, segue a curva físico-financeiro, que demonstra o período, entre os meses 23 a 27, com patamares mensais de até 11,0% de desembolso:

Gráfico 4 - Cronograma físico-financeiro na simulação 02



Fonte: o autor, 2020.

Quanto aos intervalos de stress para as variáveis de custo, prazo, receita e velocidade de vendas, os valores propostos na simulação 01 foram mantidos para a simulação 02, devido à antecipação de 02 meses no prazo total de obras (34 meses para 32 meses), sendo:

- Prazo de produção:
Até 3 meses de acréscimo.
- Custo da permuta física (nova loja) e da produção da edificação:
Até 6% de acréscimo
- Receita de vendas:
Até 5% de redução

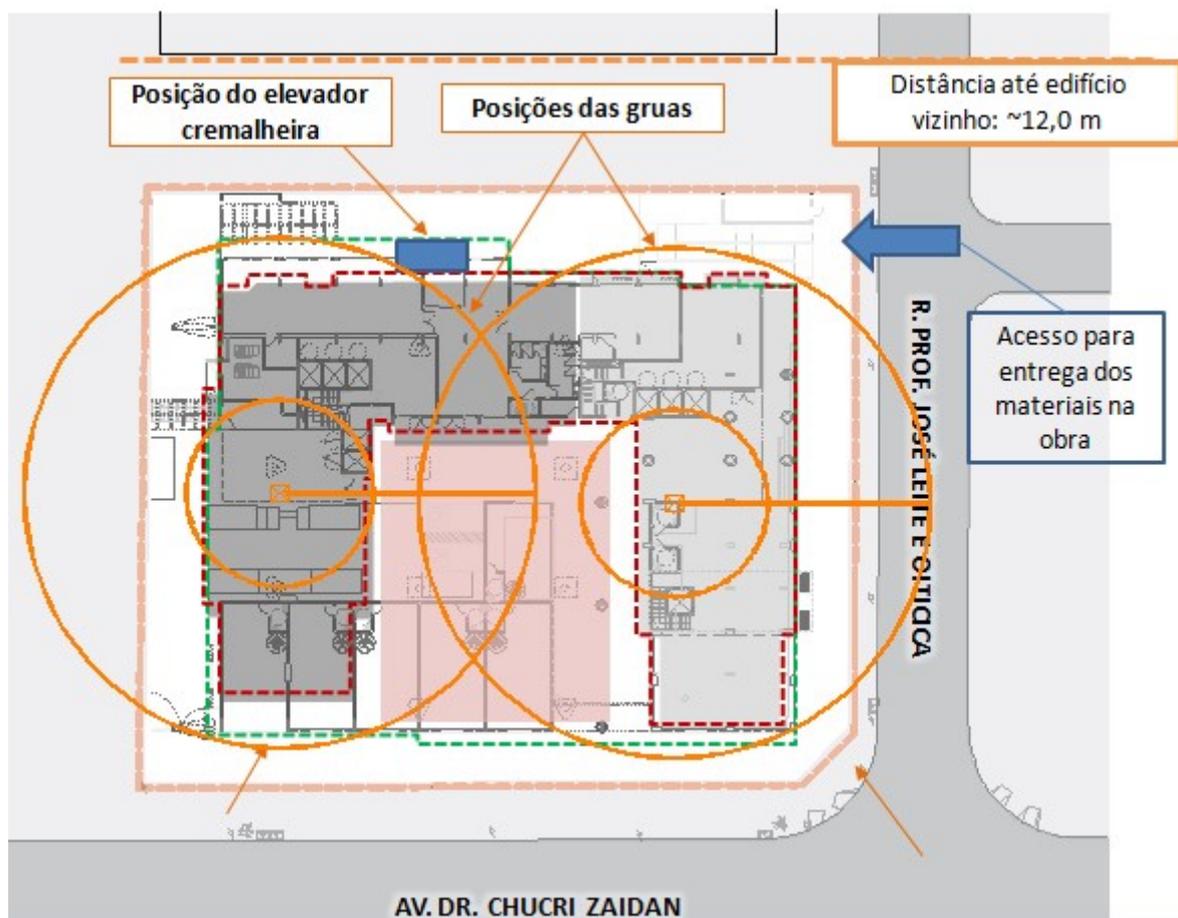
- Velocidade de vendas:
30% no lançamento; 40% durante o ciclo de produção e 30% de estoque, a ser vendido em até 06 meses após a entrega do empreendimento.

5.4.4 Simulação 03: estrutura metálica, fachada e banheiros pré-fabricados

Nesta simulação, em substituição à superestrutura de concreto, foi considerada a estrutura metálica, juntamente com os sistemas pré-fabricados para a fachada e para os banheiros, gerando uma redução de 8 meses em relação à construção convencional e 03 meses em relação à simulação 02, totalizando o ciclo de produção em 29 meses, ou seja, o cronograma da 2ª fase foi reduzido de 24 meses para 16 meses, ou seja, 33% de antecipação no prazo. O sistema construtivo constituído para esta simulação é classificado na escala 4, por representar uma estrutura modular completa de paredes, módulos internos tridimensionais, fachadas e a superestrutura em sistemas modulares. Na questão da complexidade, o conjunto pode ser classificado como grau 2, pois os sistemas aplicados são pré-acabados.

Com relação à logística de transportes, foi necessária a inclusão de uma segunda grua, que irá compor o transporte vertical dos banheiros industrializados e das peças metálicas da superestrutura. O elevador cremalheira, com uma cabine adaptada para as chapas acartonadas, foi mantido e a minigrua foi excluída, devido ao uso de 2 gruas e da cremalheira conseguirem absorver todo o transporte vertical. O planejeamento noturno, para a entrega dos módulos de banheiros pela avenida Chucri Zaidan, foi mantido e o recebimento das peças metálicas será diurno, devido ao barulho das peças quando são descarregadas, e com recebimento pela rua José Oiticica, de acordo com a figura abaixo:

Figura 35 - Transporte vertical na simulação 03



Fonte: O autor, 2020.

Neste formato de construção foi utilizado o sistema de pilares metálicos, preenchidos com concreto e lajes pré-fabricadas em concreto, para a redução do custo da superestrutura metálica. O plano de ataque desta simulação, considerando a 2ª fase, consiste na montagem das vigas e pilares da superestrutura metálica, com a posterior instalação dos painéis de lajes. Sequencialmente, serão içados os banheiros prontos e montadas as estruturas metálicas do *drywall* e do LSF de fachada. A montagem dos painéis de fachada será iniciada somente após o término da superestrutura metálica.

Com relação ao custo, foi verificado que a estrutura metálica apresentou o montante de R\$ 16.609.377, contra R\$ 9.384.767 da estrutura convencional em concreto, ou seja, um acréscimo de 77,0%, já considerando o alívio de carga na fundação, a redução do prazo e a geração de resíduos (APÊNDICE V).

Comparado-se os custos e prazos da estrutura metálica com os valores apresentados no capítulo 4.4, verifica-se as seguintes diferenças:

Estrutura metálica: o resultado apresentado no capítulo 4.4, quanto ao incremento no custo de até 28,9% do sistema metálico em relação ao sistema convencional, é abaixo do percentual de 77,0% do presente estudo de caso. Estas diferenças de valores entre os métodos construtivos podem ser ocasionadas, principalmente, em função da altura e do formato da edificação, que influencia diretamente na quantidade e dimensionamento dos contraventamentos, artifícios de cálculo estrutural que oneram o sistema metálico.

Já em relação à redução de prazo, o valor proposto no capítulo 4.4, de uma antecipação de até 50% do cronograma físico do empreendimento, demonstra que a redução do sistema metálico está bem acima da antecipação de 3 meses, ou 8,1% do cronograma do estudo de caso. Tal discrepância ocorre em função da altura das edificações, visto que o estudo de PINHO (2008) é relacionado a construções de até 8 pavimentos, sem subsolo, contra 20 andares com 1 subsolo do projeto Chucri Zaidan.

Esta observação ressalta um aspecto importante ao incorporador de que a estrutura metálica pode gerar um importante diferencial de prazo, com um custo mais competitivo, em edificações mais baixas e terrenos com pouco espaço para a montagem de canteiros de obras, podendo agregar indicadores econômicos e financeiros mais interessantes do que os da construção convencional, além de propiciar as diversas vantagens citadas no capítulo 4.4.

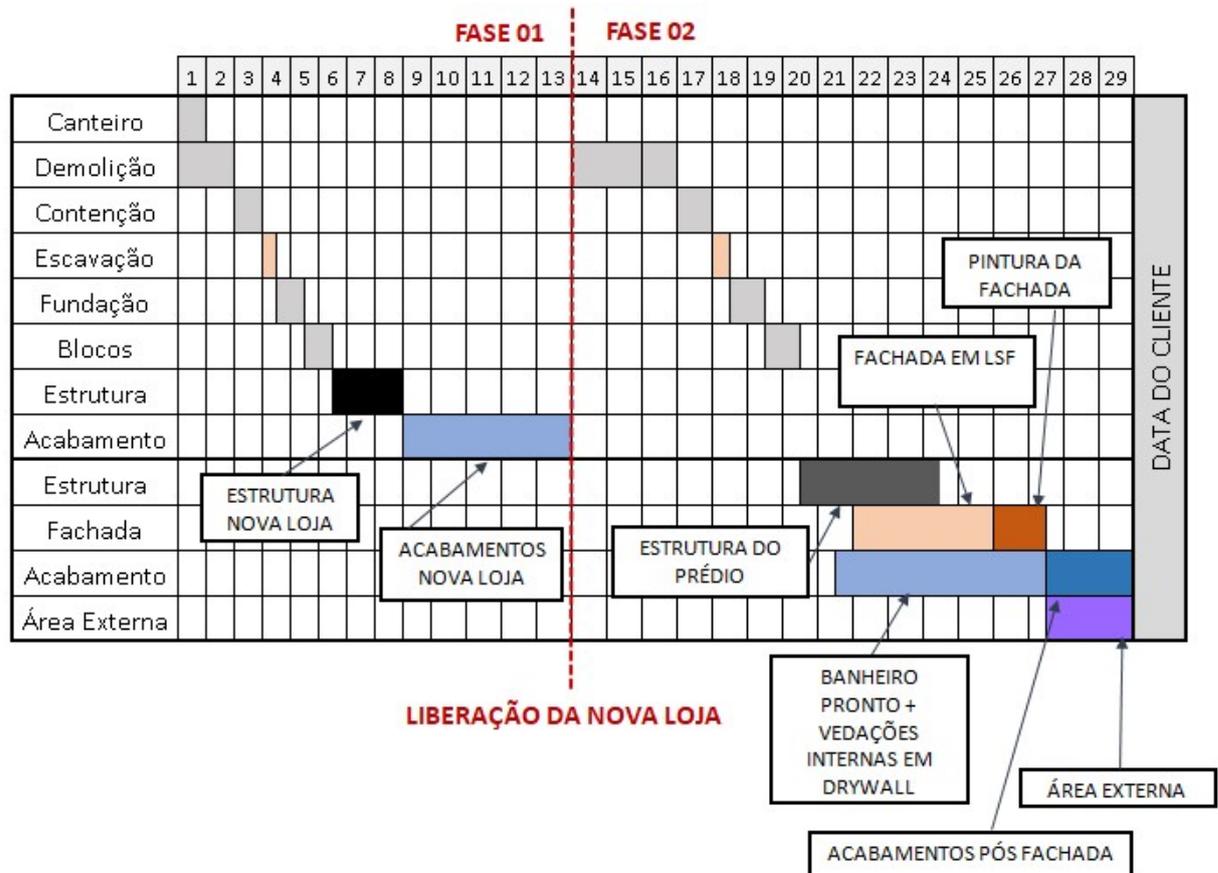
A seguir, segue a tabela 11 que resume o custo da obra e o cronograma físico:

Tabela 12 - Resumo do custo na simulação 03

		CONVENCIONAL	SIMULAÇÃO 01	SIMULAÇÃO 02	SIMULAÇÃO 03
Despesas Diretas	100,0%	R\$ 53.977.976	R\$ 54.573.835	R\$ 55.625.226	R\$ 63.224.836
Despesas Indiretas	100,0%	R\$ 6.904.878	R\$ 6.529.878	R\$ 6.279.878	R\$ 5.904.878
Taxa de Administração	8,0%	R\$ 4.870.628	R\$ 4.888.297	R\$ 4.952.408	R\$ 5.530.377
Assistência Técnica	1,0%	R\$ 608.829	R\$ 611.037	R\$ 619.051	R\$ 691.297
Custo de Obra		R\$ 66.362.311	R\$ 66.603.047	R\$ 67.476.563	R\$ 75.351.388
Custo/m² na Área Construída		R\$ 2.419	R\$ 2.427	R\$ 2.459	R\$ 2.746
Custo/m² na Área Privativa		R\$ 3.623	R\$ 3.637	R\$ 3.684	R\$ 4.114
Prazo de obra		37 meses	34 meses	32 meses	29 meses

Fonte: o autor, 2020.

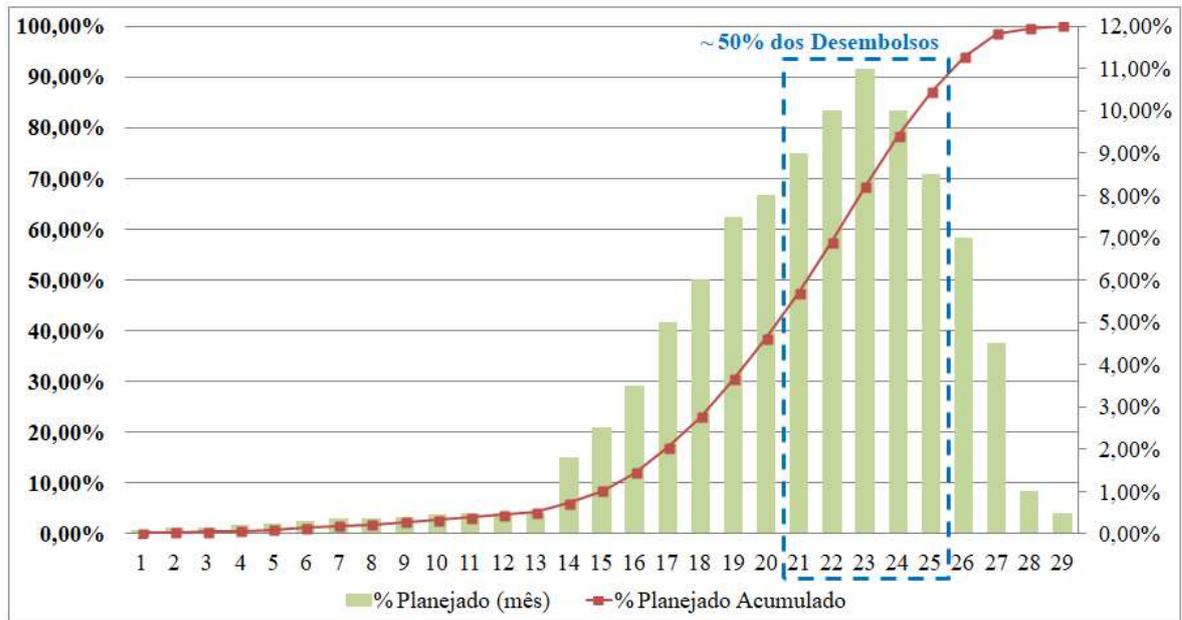
Figura 36 - Cronograma físico na simulação 03



Fonte: Documento interno da empresa, 2020.

Como reflexo do ganho de prazo e do acréscimo de custo, o desembolso financeiro concentra-se no período dos meses 21 a 25, apresentado patamares mensais de até 11,0% do custo total do empreendimento, conforme observado na curva físico-financeiro abaixo:

Gráfico 5 - Cronograma físico-financeiro na simulação 03



Fonte: o autor, 2020.

Em relação aos intervalos de stress das variáveis custo, prazo, receita e velocidade de vendas, a estrutura metálica possibilitou uma importante redução no prazo da construção, conforme descrito na simulação 03, conjuntura que possibilita as seguintes alterações:

- Prazo de produção:

Até 3 meses de acréscimo: valor mantido das simulações 1 e 2, pois os sistemas modulares de vedações, fachadas, banheiros prontos e estrutura metálica possibilitam a menor dependência de mão de obra entre as demais simulações, sendo o método construtivo proposto na simulação 3 menos afetado por greves ou acidentes de obra, além garantir uma menor interferência de chuvas, pelo fato das construções modulares produzirem os seus componentes em ambiente fabril, que não são sujeitos às intempéries.

- Custo da permuta física (nova loja) e da produção da edificação:

Até 8% de acréscimo: este percentual foi ampliado de 6% para 8%, pois a estrutura metálica apresenta uma maior sensibilidade à variação dos preços das commodities, minério de ferro e carvão mineral, que são os principais elementos da composição do aço, e pelo fato da construção em aço ter uma maior representatividade no custo global do empreendimento, em relação à estrutura construída em concreto.

O percentual de 8% ainda inclui uma contingência para cobrir os desvios de erros de projetos, alterações não previstas de especificações de materiais e aumento nos preços dos insumos, relativos às demais etapas construtivas que não são modulares, como por exemplo, as fundações.

- Receita de vendas:

Até 4% de redução: este percentual foi reduzido de 5% para 4%, pois o prazo de obra de 29 meses ficou mais próximo de 2 anos, um prazo de obra que possibilita que os indicadores econômicos e financeiros do empreendimento sejam menos suscetíveis às mudanças negativas no cenário macroeconômico do país do que as simulações anteriores.

- Velocidade de vendas:

As velocidades de vendas foram aumentadas durante a etapa de construção, de 40% para 50%, em relação à construção convencional e às demais simulações, pois é possível observar em outros empreendimentos entregues pela incorporadora que o fato do cliente perceber que a obra está evoluindo de forma consistente, gera uma percepção de segurança na aplicação de recursos para a compra de unidades. Portanto os ciclos de stress ficam da seguinte forma: 30% no lançamento; 50% durante o ciclo de produção e 20% de estoque, a ser vendido em até 12 meses após a entrega do empreendimento.

5.5 Considerações iniciais da AQI

Neste capítulo serão apresentadas as premissas e considerações adotadas na Análise da Qualidade do Investimento, valendo-se do embasamento teórico utilizado pelo Núcleo de *Real Estate* da Poli-USP, apresentado em capítulos anteriores.

O objetivo é promover a análise da qualidade do investimento no empreendimento projetado, de acordo com as premissas de custos, prazos, curva de desembolso financeiro e stress das variáveis, relativos à construção convencional e às simulações 1, 2 e 3, considerando a rotina de captação de financiamento à produção, segundo parâmetros definidos, e do capital próprio do empreendedor que deverá ser utilizado, caso necessário, para completar o *funding* do empreendimento.

Para o estudo da AQI foram selecionados os principais indicadores, mediante os quais foram extraídas informações que permitirão que o investidor analise e escolha o cenário de construção que melhor se ajuste as suas premissas de validação do projeto. Tais indicadores

foram calculados a partir de desembolsos (investimentos necessários para o desenvolvimento do produto) e encaixes (resultado da venda dos produtos desenvolvidos), criando-se na sequência a simulação da construção convencional, que é o comportamento esperado pelo empreendimento ao longo das suas etapas de desenvolvimento, e servirá como base para uma análise comparativa no tocante as simulações 1, 2 e 3.

A seguir, seguem os indicadores selecionados para a AQI:

- **Nível de Investimento:** Volume total de recursos aplicados no empreendimento.
- **Retorno:** Volume de recursos gerados e que voltam para o investidor.
- **Resultado:** Diferença total entre os investimentos e retornos.
- **TIR:** Taxa interna de retorno de um fluxo de caixa, considerando-se os investimentos e retornos de cada período.
- **Payback:** Prazo para recuperação do investimento.
- **Duration:** Prazo dentro do qual o investimento é integralmente remunerado à TIR, considerando o ciclo completo do empreendimento.

Após o cálculo dos indicadores, foram estressadas as variáveis: prazo de obra, custos de construção da nova loja e da edificação, receitas de vendas e velocidade de vendas, de acordo com os intervalos descritos em cada simulação do subtópico anterior. O objetivo foi determinar a sensibilidade dos indicadores do investimento e da qualidade do investimento frente a possíveis adversidades que poderão ocorrer durante o ciclo do empreendimento. A tabela 12, a seguir, mostra o resumo das fronteiras de stress, descritas ao longo do subtópico 5.4, para cada simulação:

Tabela 13 - Fronteiras de stress das variáveis

	Prazo de Produção	Custo da Obra	Receita de Vendas	Velocidade de Vendas		
				Lançamento	Obras	Estoque
Construção Convencional	0 a 4 meses	0 a 8%	0 a -6%	30%	40%	30%
Simulação 01	0 a 3 meses	0 a 6%	0 a -5%	30%	40%	30%
Simulação 02	0 a 3 meses	0 a 6%	0 a -5%	30%	40%	30%
Simulação 03	0 a 3 meses	0 a 8%	0 a -4%	30%	50%	20%

Fonte: o autor, 2020.

Por último, como o objetivo de entender a probabilidade dos impactos das variáveis, atuando de forma concomitante sobre os indicadores, foram realizadas as análises de riscos em cada cenário, utilizando-se o método de Monte Carlo²² no qual, por meio da flutuação simultânea das variáveis: custo, prazo de construção, receita e velocidade de vendas do empreendimento, foi possível a identificação das fronteiras e comportamento médio dos indicadores, sendo este último tomado como base para análise comparativa dos riscos entre os cenários, já que é o resultado que mais se aproxima da combinação síncrona das variáveis.

Foram testadas 100 amostras, em uma simulação computacional, e os resultados considerados compreendem um intervalo de 5% a 95% de uma distribuição normal, portanto, com 90% de probabilidade de ocorrerem.

A moeda de referência utilizada nesta análise é R\$ de abril de 2020 (mês 1), porque esta é a data de recebimento das propostas comerciais dos fornecedores que precificaram os cenários de construção do empreendimento. Isso implica que todas as contas expostas nos cenários de comportamento e que refletem sobre o fluxo de caixa nesta AQI sofrem variação equivalente ao comportamento do INCC-DI/FGV mensal. O índice de inflação escolhido, INCC-DI/FGV, é o mesmo utilizado para atualizar os contratos de compra e vendas dos imóveis.

5.5.1 Premissas e dados de entrada da AQI

Atualmente o proprietário do terreno possui uma loja de prestação de serviços, ocupando 70% da área, com 1 subsolo e 3 pavimentos, perfazendo uma área total de construção de 3.601,30 m². O terrenista pretende reduzir o espaço atual da loja para uma área de construção de 499,49 m², dividida em 2 pavimentos, porém quer manter as operações de seu estabelecimento atual durante a construção da nova edificação.

A incorporadora, em função destas informações, negociou uma permuta física com o terrenista, que envolve a construção de um novo estabelecimento comercial, ao custo de R\$ 3.152.210, no local do terreno e a permuta financeira de 25,5% do VGVL, estabelecido como sendo o VGVB, descontado das seguintes despesas e tributos: 4% de corretagem, 6,73% de impostos e 4% de marketing. Contratualmente também foi estabelecido um preço mínimo garantido, que corresponde a entrega da nova loja somado ao valor de R\$ 34,5 milhões.

²² Método de Monte Carlo ou MMC é a simulação de cálculos por meio de probabilidade para aferir a possibilidade de um evento futuro ocorrer.

O cenário econômico do projeto foi embasado na análise do relatório Focus²³, do dia 09 de abril de 2020, data de conclusão do orçamento da obra. Os valores do IPCA e taxa Selic foram extraídos da coluna “Mediana – Agregado”, que se referem aos valores medianos de todos os agentes consultados pelo Bacen que fazem este tipo de projeção. A tabela 13 apresenta um resumo dos valores, sendo que o autor adotou como premissa o INCC-DI em 2,5 p.p. acima do IPCA, visto que neste momento o mercado da construção civil já apresenta uma tendência de reajuste na inflação setorial, acima do IPCA, ocasionado, principalmente devido a uma alta nos preços dos insumos que compõem a curva A²⁴ dos orçamentos das obras prediais, tais como aço, concreto e cimento.

Para o cálculo dos impostos, usou-se o regime de lucro presumido, que totaliza os encargos em 6,73% das receitas provenientes das vendas das unidades.

Tabela 14 - Cenário econômico

CENÁRIO ECONÔMICO - Valores médios esperados para o horizonte do empreendimento				
índices, na base de abril de 2020	valor	período	ao mês	duração
Taxa Selic		4,50% a.a.	0,37% a.m.	no ciclo do empreendimento
Inflação: IPCA		3,50% a.a.	0,29% a.m.	no ciclo do empreendimento
Inflação Setorial: INCC-DI		6,00% a.a.	0,49% a.m.	no ciclo do empreendimento
Lucro Presumido (LP): IMPOSTOS				no ciclo de vendas do empreendimento
PIS	0,65%			
COFINS	3,00%			
IR: 8% LP x 25 %	2,00%			
CSLL: 12% LP x 9 %	1,08%			

Fonte: O autor, 2020.

Conforme tabelas 14 e 15 a seguir, o desenvolvimento está previsto para ser realizado em um terreno de 3.390 m² com coeficiente de aproveitamento máximo igual a 4,0 e coeficiente de aproveitamento utilizado igual a 3,8. Conforme citado no item 5.1, o projeto conta com 657 unidades residenciais, com área privativas que variam de 24,00 m² a 48,64 m² e unidades nR, com áreas que variam de 36,60 m² a 80,94 m², consolidando uma área

²³ Relatório Focus. Disponível em: < bcb.gov.br/publicacoes/focus/09042020>. Acesso em 15 de abril de 2020.

²⁴ A curva ABC é um método de classificação de informações para que se separem os itens de maior importância ou impacto, os quais são normalmente em menor número. Disponível em: < endeavor.org.br >. Acesso em 15 de abril de 2020.

privativa média de 26,75 m² e uma área privativa total de 18.314,72 m² e uma área construída total 27.437,85 m².

A área da nova loja terá 499,49 m² privativos, com custo de construção de R\$ 6.311/m² privativa, totalizando o valor de R\$ 3.152.210. Já o custo de construção do prédio foi orçado em R\$ 3.514/m² privativa, totalizando o valor de R\$ 66.362.311.

O preço de venda no bairro está na média de R\$ 12.000/m² privativos, na data de abril/2020, para unidades sem vaga de garagem. Como o projeto do Chucrí possui unidades HIS e HMP, que possuem limitação no preço de venda, o valor observado no bairro foi aplicado somente nas unidades nR1-3 e nR1-12, sendo que para esta última, a incorporadora pretende incluir acabamentos nas unidades.

A incorporadora, com base em fundos de investimentos e em referências históricas de múltiplos da taxa Selic, definiu neste projeto a Tat em 6,5 x Taxa Selic, líquida de IR, acima do Incc-DI, que totaliza 17,8% ao ano, considerando o IR em 15,00%. A margem no preço, considerando o histórico do mercado imobiliário da cidade de São Paulo, que é bem competitivo, foi estipulada entre 11,00% a 15,00%.

Tabela 15 - Área e tipologias das unidades

UNIDADES RESIDENCIAIS				
Tipologia	nº	Área	HIS	HMP
Tipo 1	18	29,97 m ²	-	18
Tipo 1A	70	30,47 m ²	-	70
Tipo 1B	3	30,47 m ²	3	-
Tipo 2	319	24,00 m ²	319	-
Tipo 2A	133	24,61 m ²	133	-
Tipo 2B	18	24,11 m ²	18	-
Tipo 2C	6	24,00 m ²	6	-
Tipo 2D	1	24,00 m ²	1	-
Tipo 2E	2	24,61 m ²	2	-
Tipo 3	7	39,32 m ²	-	7
Tipo 4 (PCD)	9	48,03 m ²	9	-
Tipo 5 (PCD)	5	48,64 m ²	5	-
Tipo 5A (PCD)	4	48,64 m ²	4	-
TOTAL	595		500	95

UNIDADES NÃO RESIDENCIAIS nR1-12

Tipologia	nº	Área	HIS	HMP
Tipo 6	18	36,60 m ²		
Tipo 6A	18	36,60 m ²		
Tipo 6B	10	36,60 m ²		
Tipo 6C	8	36,01 m ²		
Tipo 6D	8	48,63 m ²		
TOTAL	62			

ÁREAS PRIVATIVAS

Tipologia	nº	Área
RESIDENCIAL	595	15.489,37 m ²
Nr1-12	62	2.360,72 m ²
Nr1-3	6	464,63 m ²
Nr1-6 (nova loja: permuta física)	1	499,49 m ²
TOTAL		18.814,21 m²
TOTAL (sem a permuta física)		18.314,72 m²

Fonte: o autor, 2020.

Tabela 16 – Estrutura do empreendimento

ESTRUTURA DO EMPREENDIMENTO

Dados	Valores
Base de análise	abril-20
Terreno	3.390,04 m²
Coeficiente de aproveitamento máximo	4,0
Coeficiente de aproveitamento utilizado	3,8
Número de unidades	657
HIS	500
HMP	95
nR1-12	62
nR1-3	6
Nova loja	1
Área privativa média (AP) por apartamento	27,62 m ²
Área privativa total (sem a loja)	18.314,72 m²
HIS	12.541,77 m ²
HMP	2.947,60 m ²
nR1-12	2.360,72 m ²
nR1-3	464,63 m ²
Nova loja	499,49 m²
Área de construção	27.438 m²
Custo de construção	R\$ 3.623/m² AP

Dados	Valores
Nova loja	R\$ 6.311/m ² AP
Edificação por AP	R\$ 3.451/m ² AP
Preço de venda	
HIS	R\$ 9.568/m ² AP
HMP	R\$ 10.313/m ² AP
nR1-12	R\$ 12.000/m ² AP
nR1-3	R\$ 12.000/m ² AP
Preço de venda das unidades	
HIS (limitado à R\$ 240 mil)	R\$ 240.000
HMP (limitado à R\$ 320 mil)	R\$ 320.000
nR1-12 (valor médio)	R\$ 456.914
nR1-3 (valor médio)	R\$ 929.260
Taxa de Atratividade Mínima: 6,5 x Selic líquida de IR	24,9% a.a.
Taxa de Atratividade Mínima: 6,5 x Selic líquida de IR, acima do INCC-DI	17,8% a.a.

Fonte: o autor, 2020.

Com relação aos prazos, a tabela 16 apresenta o ciclo total de 65 meses do empreendimento, considerando a construção convencional, sendo:

- 12 meses de pré-produção: é a etapa de legalização e desenvolvimento dos projetos a nível executivo para a elaboração de um orçamento confiável para o lançamento do empreendimento;
- 37 meses de produção: construção da nova loja e do prédio sobre a loja. Conforme descrito no item 5.5
- 53 meses de comercialização: a venda das unidades inicia-se no lançamento, que ocorrerá no mês 13 e findará no mês 65, data em que as últimas unidades serão vendidas;
- 6 meses de repasse: a obra será entregue até o mês 59 e o repasse será iniciado no mês 60, com término no mês 65. Os mesmos prazos valem para o estoque.

A velocidade de vendas considerada para a construção convencional, conforme explicado nos capítulos anteriores, foi de 30% no lançamento, 40% durante a produção e 30% de estoque. O quadro abaixo resumirá melhor estas informações:

Tabela 17 - Prazos e datas marco

PRAZOS E DATAS MARCO - balizados numa data zero		
Etapas	Início	Término
Terreno (permuta física)	mês 23	mês 35
Terreno (permuta financeira)	mês 13	mês 65
Ações pré-produção	mês 1	mês 12
Lançamento	mês 13	mês 22
Prazo da produção	mês 23	mês 59
Prazo da comercialização	mês 13	mês 65
Velocidade da comercialização: 30% no lançamento, 40% durante a produção e 30% pós-produção		
Financiamentos:		
durante a produção	mês 23	mês 59
comercialização: repasse	mês 60	mês 65
comercialização: estoque	mês 60	mês 65
Ciclo Total do Empreendimento		65 meses

Fonte: o autor, 2020.

Para as contas de implantação, a tabela 17 retrata que o pagamento do terreno será em forma de permuta física e financeira, conforme descrito no item 5.6.5. As despesas de pré-construção envolvem a etapa de legalização e o desenvolvimento dos projetos, a fim de se obter um orçamento confiável para o lançamento do empreendimento.

Sobre o valor de construção da edificação, deverão ser acrescidos 8,00% de taxa de gerenciamento da construção e 1,00% de taxa de assistência técnica, como forma de reservar uma verba para os gastos durante o prazo de garantia da edificação.

Já sobre o custo de pré-produção e produção, incidirá 8,00% de margem de contribuição sobre o custo total, a título de remuneração da equipe técnica da incorporadora, que acompanhará todo o ciclo do empreendimento.

Os custos relacionados à pré-produção foram distribuídos de maneira uniforme durante os 12 primeiros meses. Já os custos relacionados à produção e a permuta física da nova loja, foram distribuídos considerando a curva físico-financeira descrita no item 5.4.1.

Tabela 18 - Custos do empreendimento

CUSTOS DO EMPREENDIMENTO - valores em R\$ de abril/20					
Descrição	Valor	Percentual	Condição	Observação	
Terreno: permuta física	R\$ 3.152.210	1,71%	do VGV		R\$ 172/m ² AP
Terreno: permuta financeira	R\$ 47.034.432	25,52%	do VGV		R\$ 2.568/m ² AP
Cepac	-	-	-		R\$ 0/m ² AP
Total Terreno	R\$ 50.186.642	27,23%			R\$ 2.740/m² AP
Licenças e aprovações	R\$ 289.955	0,50%	do custo de construção		R\$ 16/m ² AP
Despesas jurídicas	R\$ 289.955	0,50%	do custo de construção		R\$ 16/m ² AP
Projetos	R\$ 1.739.728	3,00%	do custo de construção		R\$ 95/m ² AP
Itbi	R\$ 1.505.599	3,00%	do valor do imóvel adquirido		R\$ 82/m ² AP
Iptu	R\$ 617.000	1,06%	do valor do imóvel adquirido		R\$ 34/m ² AP
Total Pré-Produção	R\$ 4.442.236				R\$ 243/m² AP
Custos de construção	R\$ 63.210.101				R\$ 3.451/m² AP
Custos diretos + indiretos da edificação (sem a loja)	R\$ 57.990.919	100,00%	do custo direto + indireto		R\$ 3.166/m ² AP
Taxa de administração da construção	R\$ 4.639.273	8,00%	do custo direto + indireto		R\$ 253/m ² AP
Assistência técnica: pós obra	R\$ 579.909	1,00%	do custo direto + indireto		R\$ 32/m ² AP
Custos de incorporação	R\$ 579.909				
Decoração das áreas comuns	R\$ 579.909	1,00%	do custo direto + indireto (cenário referencial)		R\$ 32/m ² AP
SMT + Quitação do ISS	R\$ 289.955				R\$ 16/m² AP
Smt	-	-	-		R\$ 0/m ² AP
Iss: quitação	R\$ 289.955	0,50%	do custo direto + indireto		R\$ 16/m ² AP
Total Produção	R\$ 64.079.965				R\$ 3.499/m² AP
margem de contribuição para CGA	R\$ 5.481.776	8,00%	do custo de produção + pré-produção		R\$ 299/m ² AP
Total CGA	R\$ 5.481.776				R\$ 299/m² AP

Fonte: o autor, 2020.

As contas de comercialização são apresentadas na tabela 18, considerando um acréscimo no VGVB de 0,57% a cada 02 meses, que totaliza um reajuste de 15% ao final do ciclo do empreendimento. Já a velocidade de vendas foi estipulada em pesquisa que a incorporadora realizou no bairro junto a imobiliárias parceiras.

Tabela 19 - Contas da comercialização do empreendimento

CONTAS DA COMERCIALIZAÇÃO				
Descrição	Valor	Percentual	Condição	Observação
VGVB com acréscimo de 0,57%, a cada 2 meses, nos preços das unidades nR1-3 e nR1-12, totalizando 15% de reajuste	R\$ 185.810.551	100,00%		
Impostos	R\$ 12.505.050	6,73%	do preço de venda de cada unidade	
Taxa de repasse	R\$ 704.614	0,50%	do repasse de cada unidade	
Taxa adicional de repasse	R\$ -	-	-	
Corretagem	R\$ 7.432.422	4,00%	do preço de venda de cada unidade	
Propaganda e Promoção (PP&M)	R\$ 7.372.168	4,00%	do VGVB esperado	
Desembolso do PP&M				
		12,00%		no mês anterior ao início das vendas
		18,00%		no mês do início das vendas
		70,00%		proporcional à velocidade esperada
Encaixe das Vendas				
Lançamento		30,00%	Sinal de 10 %; Parcelas até as chaves 25 % e Repasse de 65 %	proporcional à velocidade esperada
Durante construção		40,00%	Sinal de 10 %; Parcelas até as chaves 25 % e Repasse de 65 %	proporcional à velocidade esperada
Estoque		30,00%	Repasse de 100 %	proporcional à velocidade esperada

Fonte: o autor, 2020.

Conforme apresentado na tabela 19, os custos de construção serão financiados em 80,00% a uma taxa de juros de 8,00% ao ano, sendo que as liberações do financiamento somente iniciarão após a obra apresentar uma evolução físico-financeira de 20,00%. A abertura da linha de crédito ocorrerá 01 mês antes do início das obras e o saldo devedor será reajustado mensalmente pelo IPCA.

Tabela 20 - Financiamento para produção

FINANCIAMENTO PARA PRODUÇÃO			
índices	valor	descrição	duração
Volume de Financiamento	80,00%	do orçamento de construção	liberações nominais proporcionais ao programa de produção
Taxas:			
Abertura de Crédito	0,50%	FIN, paga na abertura	mês 22
Juros	8,00%	sobre o saldo devedor	equivalente anual, cobrado mensalmente

Fonte: o autor, 2020.

Por fim, a tabela 20 expõe que o financiamento para a comercialização será de até 75% do preço de venda de cada unidade, com liberação à vista no repasse.

Tabela 21 - Financiamento para comercialização

FINANCIAMENTO PARA COMERCIALIZAÇÃO			
Índices	Valor	Descrição	Duração
Volume: FCOM	75,00%	do preço de venda de cada unidade	liberação à vista no repasse
Taxas:			
Repasse	0,50%	do Financiamento para Comercialização	paga no repasse de cada unidade

Fonte: o autor, 2020.

5.5.2 AQI da construção convencional

Considerando os valores de desembolso e encaixe de vendas apresentados nas premissas e dados de entrada do item 5.5.1, forma-se a seguinte equação de fundos do empreendimento no cenário referencial, demonstrada na tabela 21. Nota-se que a somatória das contas pré-operacionais e as contas de produção constituem 39,8% das contas de implantação. Já o terreno, que equivale às permutas física e financeira, responde por 27,1% das contas de implantação. Ambos os valores estão de acordo com o histórico da incorporadora para empreendimentos da tipologia do projeto em estudo, assim como o percentual do preço, resultado sobre o VGVB (ou RBV), que também ficou dentro do intervalo citado no item 5.7.1:

Tabela 22 – Balanço do empreendimento da construção convencional

Balanço do empreendimento no cenário referencial		
Valores em R\$ mil de abril-20, ajustados pelo incc		
Conta	Cenário Referencial	
		% de RBV (Receita Bruta de Vendas)
Receita bruta de vendas - RBV	185.807	100,0%
despesas com PP&M	(7.372)	-4,0%
honorários de corretagem	(7.432)	-4,0%
impostos sobre a receita	(12.505)	-6,7%
Receita de vendas disponível	158.498	85,3%
terreno: permuta física + financeira	(50.344)	-27,1%
contas pré-operacionais do empreendimento	(4.732)	-2,5%
contas de obras	(57.991)	-31,2%
contas de incorporação	(580)	-0,3%
administração do empreendimento	(5.219)	-2,8%
margem de contribuição para CGA	(5.482)	-3,0%
Contas da implantação do empreendimento	(124.348)	-66,9%
Resultado do empreendimento	34.150	18,4%
juros do financiamento à produção	(440)	-0,2%
taxa de abertura de crédito	(217)	-0,1%
efeito do IPCA sobre o financiamento à produção	(3.782)	-2,0%
Resultado do empreendedor	29.711	16,0%

Fonte: o autor, 2020.

Com relação aos indicadores do investimento e da qualidade do investimento, a tabela 22 demonstra os resultados obtidos por meio do cálculo dos desembolsos e encaixes, fundamentados no cenário referencial de construção do empreendimento. Nota-se que neste cenário, sem a aplicação do stress nas variáveis, apresenta uma TIR acima da Tat, estabelecida nas premissas da AQI, relembrados na tabela 20 em 17,8% ao ano, e uma margem de preço de R\$ 29.711 mil, representando 16,0% do VGVB projetado, ou seja, acima do intervalo de 11,0% a 15,0%. O *payback* ocorre no mês 61 e o *duration* dos investimentos é de 60 meses.

Tabela 23 - Indicadores financeiros de atratividade

INDICADORES FINANCEIROS DE ATRATIVIDADE		
Indicador	Percentual	Descrição
Tat - Taxa de Atratividade	17,8% a.a	6,5 x Taxa Selic, líquida de IR, acima do Incc-DI
Margem sobre o preço	11% a 15%	

Fonte: o autor, 2020.

Tabela 24 – Indicadores do investimento e da qualidade do investimento da construção convencional

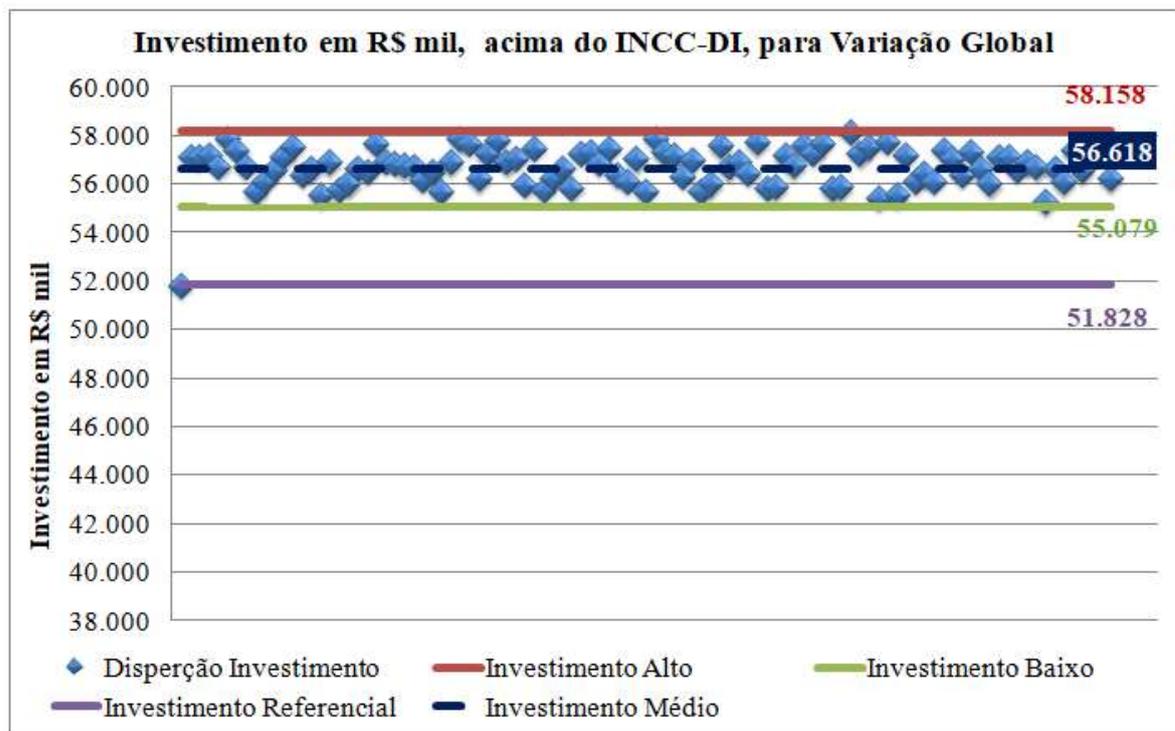
Indicadores do investimento e da qualidade do investimento no cenário referencial - Empreendedor	
Valores em R\$ mil de abril-20, ajustados pelo incc	
Conta	Cenário Referencial
Investimentos exigidos do empreendedor	51.788
Retorno dos investimentos	81.499
Resultado dos investimentos	29.711
% de RBV	16,0%
TIR a.a., acima do incc	25,9%
Taxa de retorno (múltiplo Selic-equivalente)	6,1
Payback primário dos investimentos do empreendedor no empreendimento	61 meses
Duration dos investimentos do empreendedor no empreendimento à taxa de retorno esperada	60 meses

Fonte: o autor, 2020.

Já com a finalidade de entender o comportamento dos indicadores TIR, resultado e investimento, sob perturbação global das variáveis custo, prazo, receitas e velocidade de vendas, descritos no item 5.5, foram elaborados os gráficos 6, 7 e 8, referentes às fronteiras de comportamento no cenário referencial e estressado. Os valores médios, decorrentes do gráfico, são demonstrados na tabela 24, relativa aos indicadores do investimento e da qualidade do investimento.

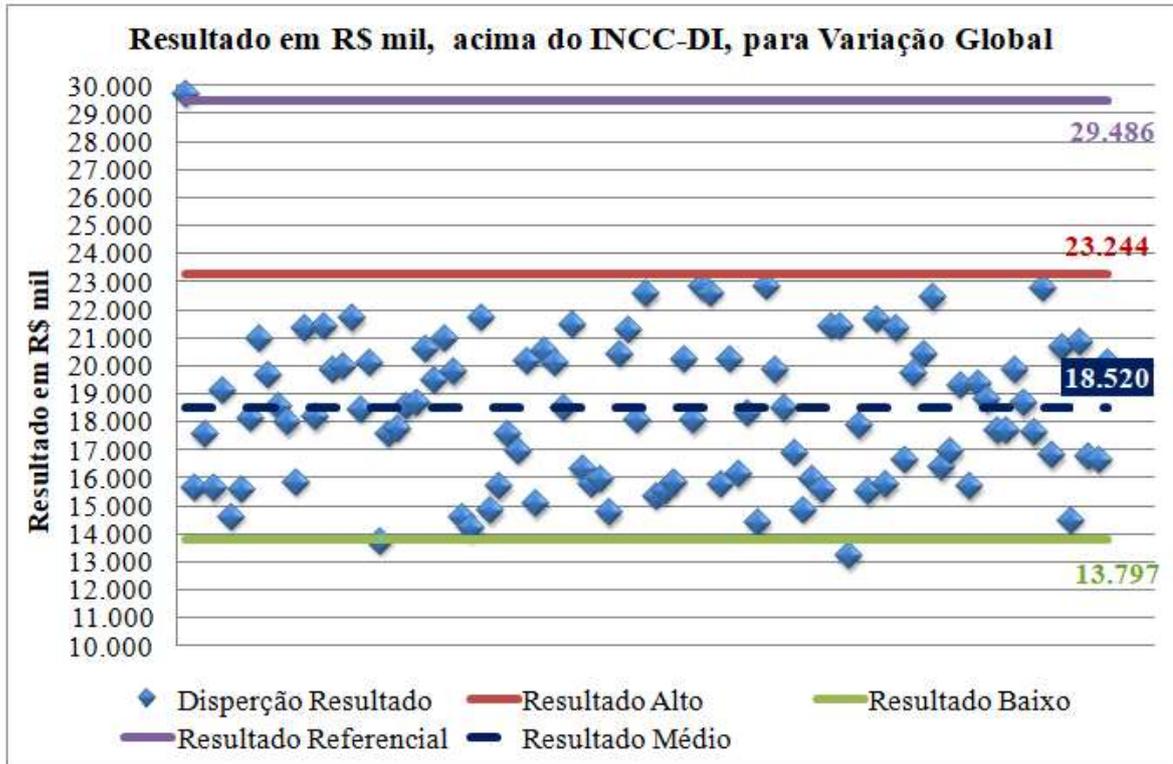
É importante observar que o cenário referencial, sob stress global, apresenta uma posição média de TIR igual a 16,1%, abaixo da Tat, e a margem de preço igual a R\$ 18.520, ou 10,0%, abaixo do intervalo estabelecido. Já os investimentos exigidos no cenário estressado aumentaram 9,2%, de R\$ 51.828 mil para R\$ 56.618.

Gráfico 6 - Faixa da investimentos com 90% de confiabilidade, da construção convencional



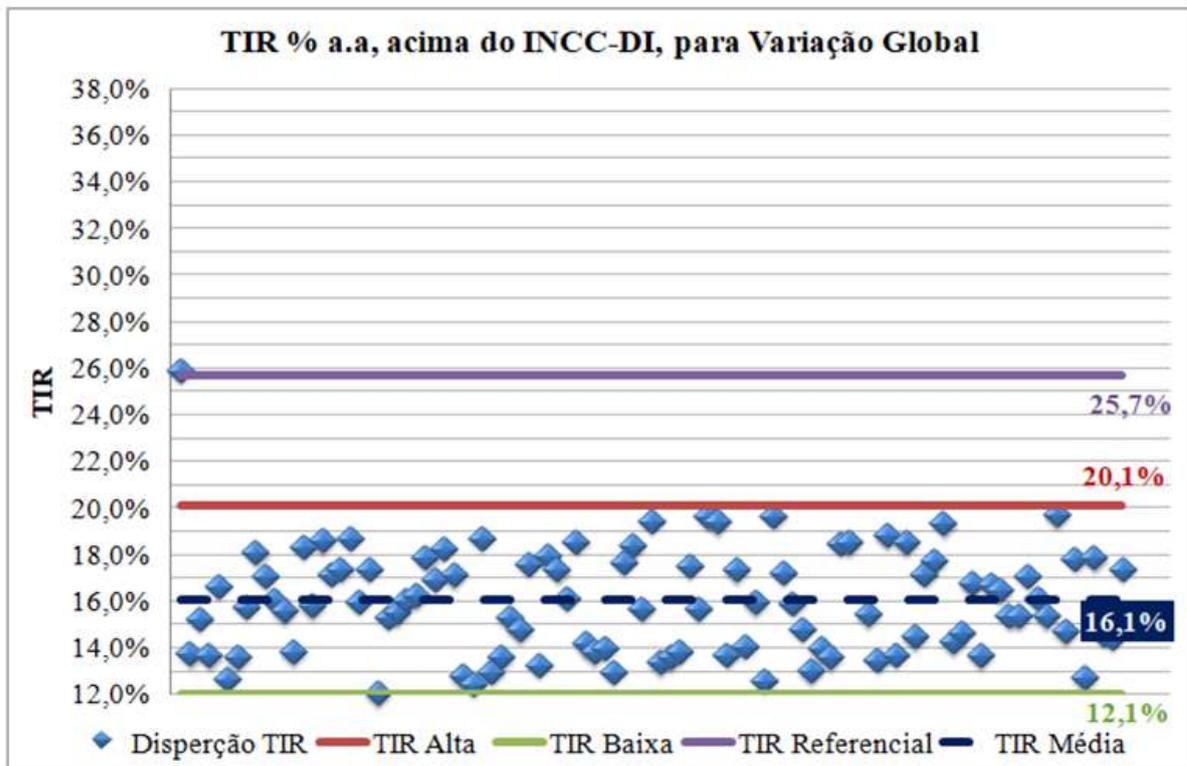
Fonte: o autor, 2020.

Gráfico 7 - Faixa de resultados com 90% de confiabilidade, da construção convencional



Fonte: o autor, 2020.

Gráfico 8 - Faixa de TIR, com 90% de confiabilidade, da construção convencional



Fonte: o autor, 2020.

O resumo desta análise demonstra que a construção convencional, quando submetida à variação global no stress das variáveis prazo de produção, custo de obra, receita de vendas e velocidade de vendas, de acordo com os intervalos descritos na tabela 14 e na tabela 22, produz resultados abaixo do padrão de atratividade definido pelo incorporador, no subtópico 5.5.1 e de acordo com a tabela 24.

Portanto, nesta conjuntura, a incorporadora precisa reestudar o projeto, com a finalidade de verificar a possibilidade de se obter custos, prazos e receitas que apresentem melhores resultados, sendo que uma das possibilidades é a simulação do uso de sistemas modulares, como será visto subtópicos a seguir.

Tabela 25 - Indicadores do investimento e da qualidade do investimento na posição média sob stress global, da construção convencional

Indicadores do investimento e da qualidade do investimento - Empreendedor		
Valores em R\$ mil de abril-20, ajustados pelo incc		
Conta	Construção Convencional	
	Cenário Referencial	Posição Média sob Stress Global
Investimentos exigidos do empreendedor	51.788	56.618
Retorno dos investimentos	81.499	75.138
Resultado dos investimentos	29.711	18.520
% de RBV	15,99%	10,05%
TIR a.a., acima do incc	25,9%	16,1%
Taxa de retorno (múltiplo Selic-equivalente)	6,1	3,8
Payback primário dos investimentos do empreendedor no empreendimento	61 meses	66 meses
Duration dos investimentos do empreendedor no empreendimento à taxa de retorno esperada	60 meses	63 meses

Fonte: o autor, 2020.

5.5.3 AQI da simulação 01

Em função da necessidade de ajustes nas premissas do cenário referencial, a simulação 01 foi construída com o objetivo de estudar o impacto dos custos, a redução de prazo e as fronteiras de stress que a introdução da fachada pré-fabricada produz, em relação à construção convencional, desconsiderando-se a alteração nos valores dos preços de venda e considerando

a estratégia de ganho de prazo no empreendimento, como opção à alternativa da postergação na curva de desembolso ou da postergação da data de lançamento.

Nesta conjuntura, conforme descrita no item 5.4.2, observa-se que o custo de obra aumentou em 0,4% devido à inclusão dos sistemas de fachada pré-fabricada e o sistema *drywall*. No entanto, o ganho de prazo foi substancial, reduzindo o ciclo total de construção em 3 meses.

Tabela 26 – Comparativo entre os resumos de custos da construção convencional e da simulação 01

		CONVENCIONAL	SIMULAÇÃO 01
Despesas Diretas	100,0%	R\$ 53.977.976	R\$ 54.573.835
Despesas Indiretas	100,0%	R\$ 6.904.878	R\$ 6.529.878
Taxa de Administração	8,0%	R\$ 4.870.628	R\$ 4.888.297
Assistência Técnica	1,0%	R\$ 608.829	R\$ 611.037
Custo de Obra		R\$ 66.362.311	R\$ 66.603.047
Custo/m² na Área Construída		R\$ 2.419	R\$ 2.427
Custo/m² na Área Privativa		R\$ 3.623	R\$ 3.637
Prazo de obra		37 meses	34 meses

Fonte: o autor, 2020.

A equação de fundos do empreendimento na simulação 01 constata que a somatória das contas pré-operacionais e as contas de produção constituem 40,0% das contas de implantação, contra 39,8% da construção no método convencional, resultando em uma diferença acima de 0,2 pontos percentuais. Já a margem sobre o preço resultou em 16,0%, igual ao sistema convencional.

Tabela 27 - Balanço do empreendimento da simulação 01

Balanço do empreendimento no cenário referencial		
Valores em R\$ mil de abril-20, ajustados pelo incc		
Conta	Cenário Referencial	
		% de RBV (Receita Bruta de Vendas)
Receita bruta de vendas - RBV	185.811	100,0%
despesas com PP&M	(7.372)	-4,0%
honorários de corretagem	(7.432)	-4,0%
impostos sobre a receita	(12.505)	-6,7%
Receita de vendas disponível	158.501	85,3%
terreno: permuta física + financeira	(50.344)	-27,1%
contas pré-operacionais do empreendimento	(4.742)	-2,6%
contas de obras	(58.212)	-31,3%
contas de incorporação	(580)	-0,3%
administração do empreendimento	(5.239)	-2,8%
margem de contribuição para CGA	(5.502)	-3,0%
Contas da implantação do empreendimento	(124.619)	-67,1%
Resultado do empreendimento	33.882	18,2%
juros do financiamento à produção	(380)	-0,2%
taxa de abertura de crédito	(217)	-0,1%
efeito do IPCA sobre o financiamento à produção	(3.510)	-1,9%
Resultado do empreendedor	29.775	16,0%

Fonte: o autor, 2020.

Embora os custos da obra sejam muito próximos do sistema convencional, nota-se que o valor total de desembolso nesta simulação, em conjunto com a redução no prazo e a redistribuição da curva físico-financeira, a TIR aumentou de 25,9% no método convencional para 28,3%, referente à simulação 01. Já o *payback* e o *duration* reduziram em 3 meses cada.

Tabela 28 - Indicadores do investimento e da qualidade do investimento da simulação 01

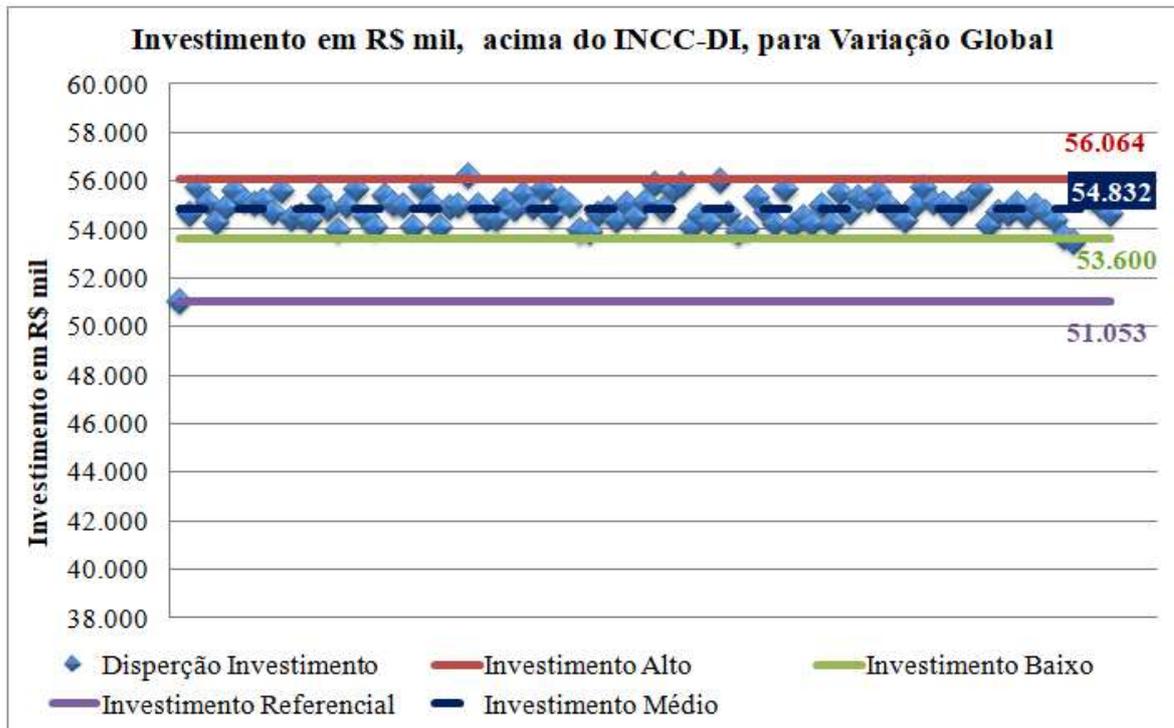
Indicadores do investimento e da qualidade do investimento no cenário referencial - Empreendedor	
Valores em R\$ mil de abril-20, ajustados pelo incc	
Conta	Cenário Referencial
Investimentos exigidos do empreendedor	51.053
Retorno dos investimentos	80.828
Resultado dos investimentos	29.775
% de RBV	16,0%
TIR a.a., acima do incc	28,3%
Taxa de retorno (múltiplo Selic-equivalente)	6,7
Payback primário dos investimentos do empreendedor no empreendimento	58 meses
Duration dos investimentos do empreendedor no empreendimento à taxa de retorno esperada	57 meses

Fonte: o autor, 2020.

Com relação ao comportamento dos indicadores TIR, resultado e investimento, sob perturbação global das variáveis custo, prazo e receitas e velocidade de vendas, os gráficos 9, 10 e 11 demonstram que a TIR média de 19,7% superou a Tat, os investimentos ficaram em R\$ 54.832 mil, contra R\$ 56.618mil da construção convencional e a margem de preço resultou em R\$ 20.732 mil, ou 11,3% do VGVB projetado, valor entre o espaço esperado de 11,0% a 15,0%, o que demonstra que a simulação 01, mesmo sob perturbação global de stress, considerando a posição média, é mais vantajosa do que o sistema de construção convencional.

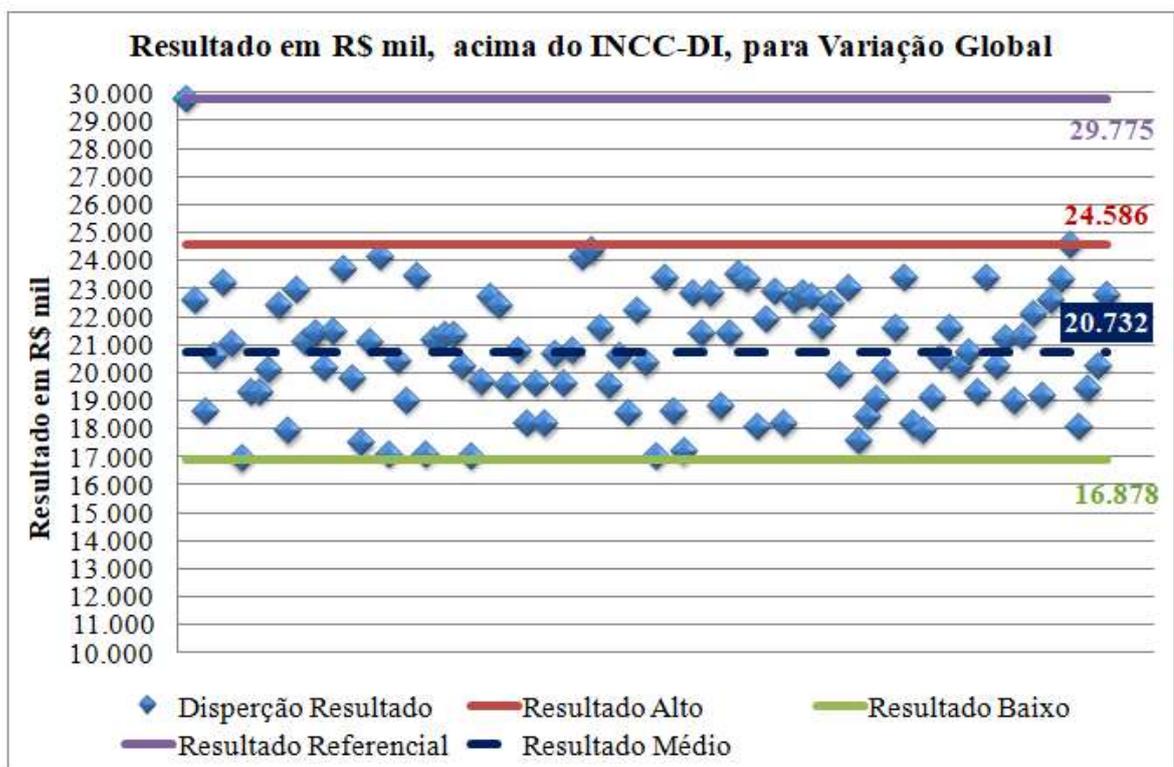
Portanto, o resumo desta análise demonstra que a simulação 01, quando submetida à variação no stress em determinadas variáveis, produz resultados acima dos parâmetros definidos pelo incorporador, resultando em uma opção de construção que pode ser validada como investimento.

Gráfico 9 - Faixa de investimentos, com 90% de confiabilidade, da simulação 01



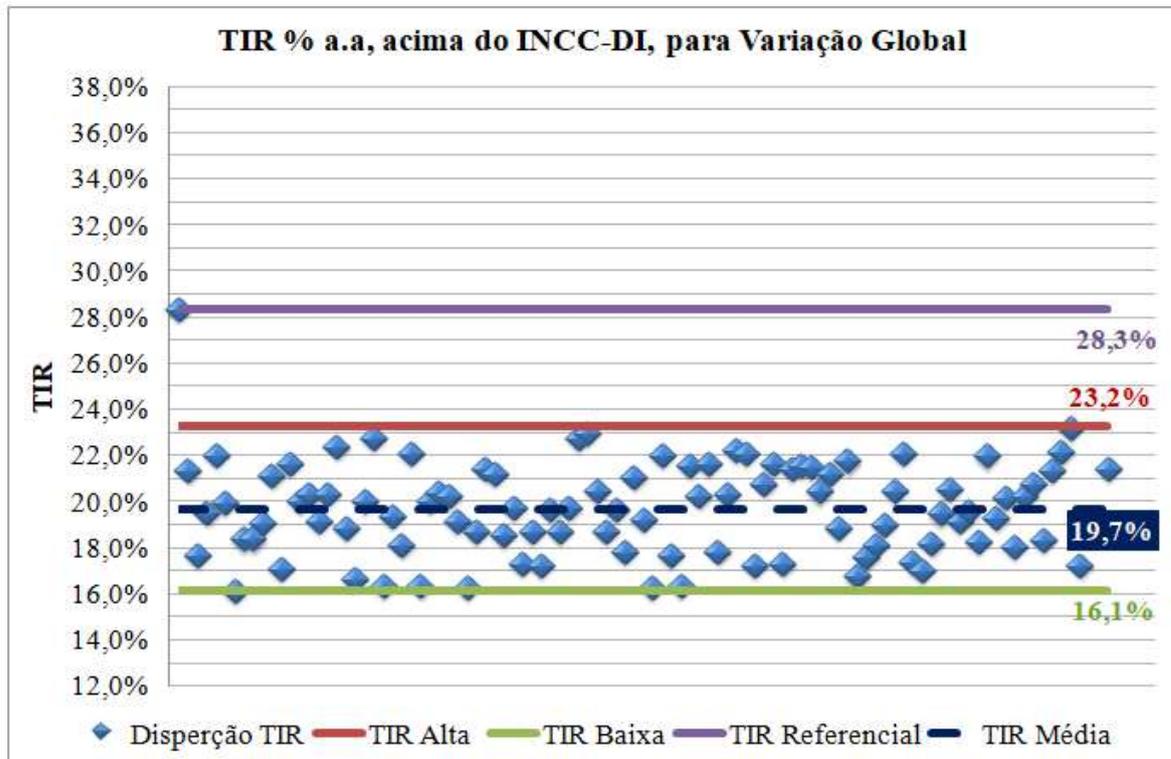
Fonte: o autor, 2020.

Gráfico 10 - Faixa de resultados, com 90% de confiabilidade, da simulação 01



Fonte: o autor, 2020.

Gráfico 11 - Faixa de TIR, com 90% de confiabilidade, da simulação 01



Fonte: o autor, 2020.

Tabela 29 - Indicadores do investimento e da qualidade do investimento na posição média sob stress global, da simulação 02

Indicadores do investimento e da qualidade do investimento - Empreendedor				
Valores em R\$ mil de abril-20, ajustados pelo incc				
Conta	Construção Convencional		Simulação 01	
	Cenário Referencial	Posição Média sob Stress Global	Cenário Referencial	Posição Média sob Stress Global
Investimentos exigidos do empreendedor	51.788	56.618	51.053	54.832
Retorno dos investimentos	81.499	75.138	80.828	75.564
Resultado dos investimentos	29.711	18.520	29.775	20.732
% de RBV	15,99%	10,05%	16,02%	11,25%
TIR a.a., acima do incc	25,9%	16,1%	28,3%	19,7%
Taxa de retorno (múltiplo Selic-equivalente)	6,1	3,8	6,7	4,6
Payback primário dos investimentos do empreendedor no empreendimento	61 meses	66 meses	58 meses	63 meses
Duration dos investimentos do empreendedor no empreendimento à taxa de retorno esperada	60 meses	63 meses	57 meses	60 meses

Fonte: o autor, 2020.

5.5.4 AQI da simulação 02

Na construção da simulação 02 foi introduzido o sistema de banheiros prontos nas unidades HIS, HMP e nR-12²⁵, além dos sistemas já considerados na simulação 01, com o objetivo de entender o comportamento dos indicadores da AQI em um cenário de maior complexidade de sistemas modulares, desconsiderando-se a alteração nos valores dos preços de venda e considerando a estratégia de ganho de prazo no empreendimento como opção à alternativa da postergação na curva de desembolso ou da postergação da data de lançamento.

Nesta conjuntura, conforme descrita no item 5.4.3, observa-se que o custo de obra aumentou em 1,7%, em relação à construção convencional e o prazo de obra reduziu em 05 meses, devido à inclusão dos sistemas de fachada pré-fabricada, *drywall*, e banheiros modulares. Não obstante, o prazo de obra reduziu em 02 meses quando comparado à simulação 01, com a contrapartida do acréscimo de custo ter aumentado em 1,3%, ou seja, de R\$ 66.603.047 para R\$ 67.476.563.

É importante citar que em alguns trabalhos acadêmicos o autor aponta ganhos adicionais de prazo, bem acima de 02 meses, como por exemplo, o estudo de caso do *Ibis Budget* Praia de Botafogo, descrito no trabalho de PINHEIRO, (2015). No entanto são projetos prediais com menor diversidade de diferentes áreas de banheiros e com o projeto arquitetônico padronizado para receber tais soluções modulares, diferentemente do projeto deste estudo de caso, que tem como objetivo mostrar o impacto em um projeto com o planejamento mais complexo, cujo estudo de produto não priorizou as soluções modulares em sua concepção. É fato que, uma importante conclusão observada já neste 2º cenário, é que o conceito do projeto, invariavelmente, já deve abarcar as premissas dos sistemas modulares, que serão utilizados no momento da elaboração do estudo preliminar.

²⁵ Os banheiros das unidades HIS, HMP e nR-12 totalizam 657 módulos. Foram desconsiderados os 6 banheiros das lojas (nR-6) e da permuta física (nR-3), por serem ambientes que serão personalizados pelos clientes.

Tabela 30 - Comparativo entre os resumos de custos da construção convencional, simulação 01 e simulação 02

		CONVENCIONAL	SIMULAÇÃO 01	SIMULAÇÃO 02
Despesas Diretas	100,0%	R\$ 53.977.976	R\$ 54.573.835	R\$ 55.625.226
Despesas Indiretas	100,0%	R\$ 6.904.878	R\$ 6.529.878	R\$ 6.279.878
Taxa de Administração	8,0%	R\$ 4.870.628	R\$ 4.888.297	R\$ 4.952.408
Assistência Técnica	1,0%	R\$ 608.829	R\$ 611.037	R\$ 619.051
Custo de Obra		R\$ 66.362.311	R\$ 66.603.047	R\$ 67.476.563
Custo/m² na Área Construída		R\$ 2.419	R\$ 2.427	R\$ 2.459
Custo/m² na Área Privativa		R\$ 3.623	R\$ 3.637	R\$ 3.684
Prazo de obra		37 meses	34 meses	32 meses

Fonte: o autor, 2020.

A equação de fundos do empreendimento na simulação 02 apontou que a somatória das contas pré-operacionais e as contas de produção 40,5%, contra 39,8% da construção convencional, uma diferença adicional de 0,7 p.p. Já a margem resultou em 15,8%, contra 16,0%, ou 0,2 p.p, um pouco abaixo do sistema convencional.

Tabela 31 - Balanço do empreendimento na simulação 02

Balanço do empreendimento no cenário referencial		
Valores em R\$ mil de abril-20, ajustados pelo incc		
Conta	Cenário Referencial	
		% de RBV (Receita Bruta de Vendas)
Receita bruta de vendas - RBV	185.813	100,0%
despesas com PP&M	(7.372)	-4,0%
honorários de corretagem	(7.433)	-4,0%
impostos sobre a receita	(12.505)	-6,7%
Receita de vendas disponível	158.503	85,3%
terreno: permuta física + financeira	(50.344)	-27,1%
contas pré-operacionais do empreendimento	(4.778)	-2,6%
contas de obras	(59.013)	-31,8%
contas de incorporação	(580)	-0,3%
administração do empreendimento	(5.311)	-2,9%
margem de contribuição para CGA	(5.575)	-3,0%
Contas da implantação do empreendimento	(125.601)	-67,6%
Resultado do empreendimento	32.902	17,7%
juros do financiamento à produção	219	0,1%
taxa de abertura de crédito	(219)	-0,1%
efeito do IPCA sobre o financiamento à produção	(3.463)	-1,9%
Resultado do empreendedor	29.439	15,8%

Fonte: o autor, 2020.

Com relação aos indicadores do investimento e da qualidade do investimento, nota-se que a TIR resultou em 29,9%, contra 25,9% da construção convencional e contra 28,3% da simulação 01. Já o *payback* e o *duration* reduziram em 6 meses e 5 meses respectivamente, em relação ao sistema convencional e em 2 meses cada, relativo à simulação 01.

Tabela 32 - Indicadores do investimento e da qualidade do investimento no cenário 02

Indicadores do investimento e da qualidade do investimento no cenário referencial - Empreendedor	
Valores em R\$ mil de abril-20, ajustados pelo incc	
Conta	Cenário Referencial
Investimentos exigidos do empreendedor	51.011
Retorno dos investimentos	80.450
Resultado dos investimentos	29.439
% de RBV	15,8%
TIR a.a., acima do incc	29,9%
Taxa de retorno (múltiplo Selic-equivalente)	7,0
Payback primário dos investimentos do empreendedor no empreendimento	56 meses
Duration dos investimentos do empreendedor no empreendimento à taxa de retorno esperada	55 meses

Fonte: o autor, 2020.

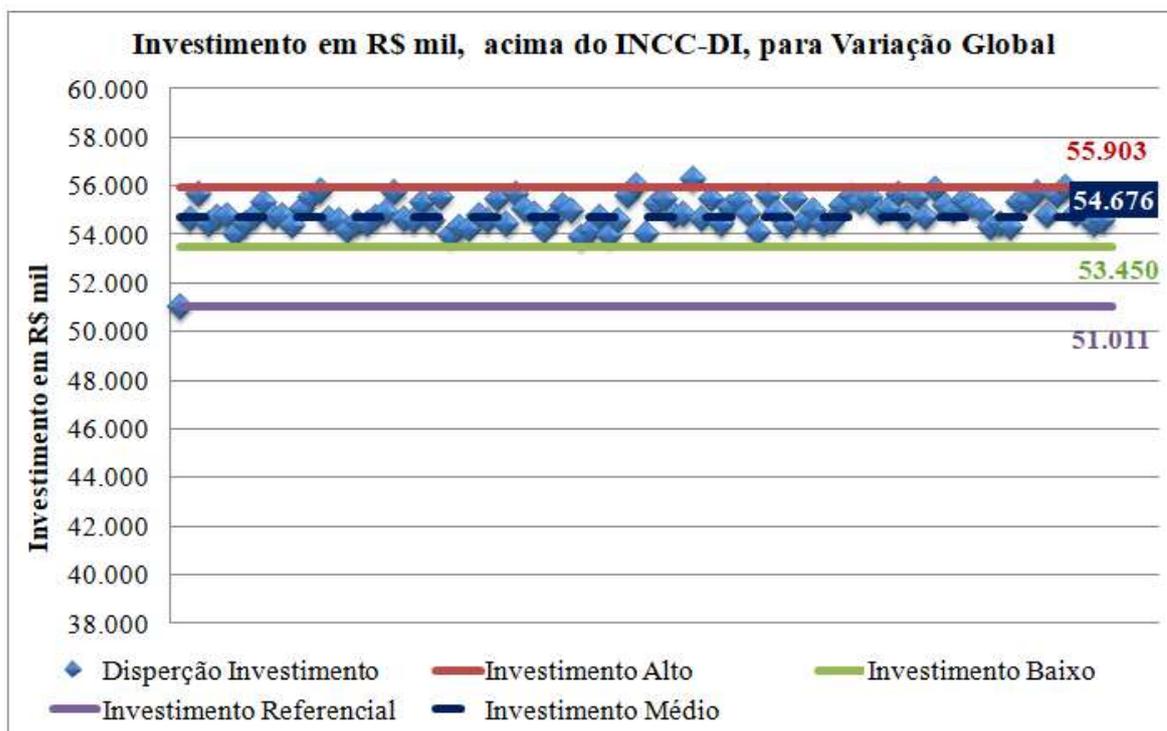
No tocante ao comportamento dos indicadores TIR, resultado e investimento, sob perturbação global das variáveis custo, prazo, receitas e velocidade de vendas, os gráficos 12, 13 e 14 demonstram que a TIR média de 21,2% manteve-se acima da Tat, contra 16,1% da construção convencional, os investimentos ficaram R\$ 54.676 mil, abaixo do sistema convencional estressado, e a margem de preço resultou em R\$ 20.886 mil, ou 11,2% do VGVB projetado, valor abaixo do intervalo esperado de 11,0% a 15,0%.

Do ponto de vista do investidor, se esta simulação for comparada com a simulação 01, o indicador TIR da simulação 02 resultou em 1,5 p.p acima da simulação anterior, ou seja, 21,2% contra 19,7% da simulação 01. Já a margem sobre o preço resultou 11,2%, valor similar ao da simulação 01.

O *payback* e o *duration*, na simulação 02, apresentaram uma redução de 2 meses em relação à simulação 1.

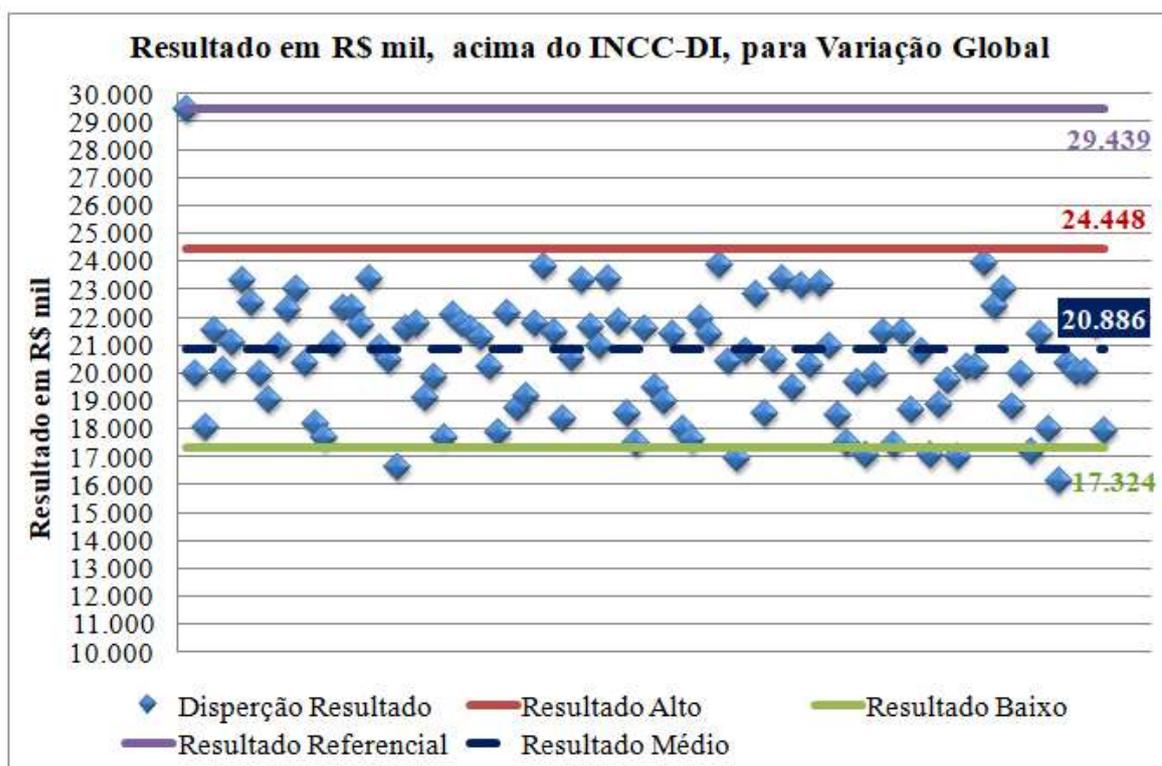
Portanto, o resumo desta análise demonstra que a simulação 02, quando submetida à variação no stress em determinadas variáveis, produz resultados acima dos parâmetros definidos pelo incorporador, resultando em uma opção de construção que, acima como a simulação 01, também pode ser validada como investimento.

Gráfico 12 - Faixa de investimentos, com 90% de confiabilidade, da simulação 02



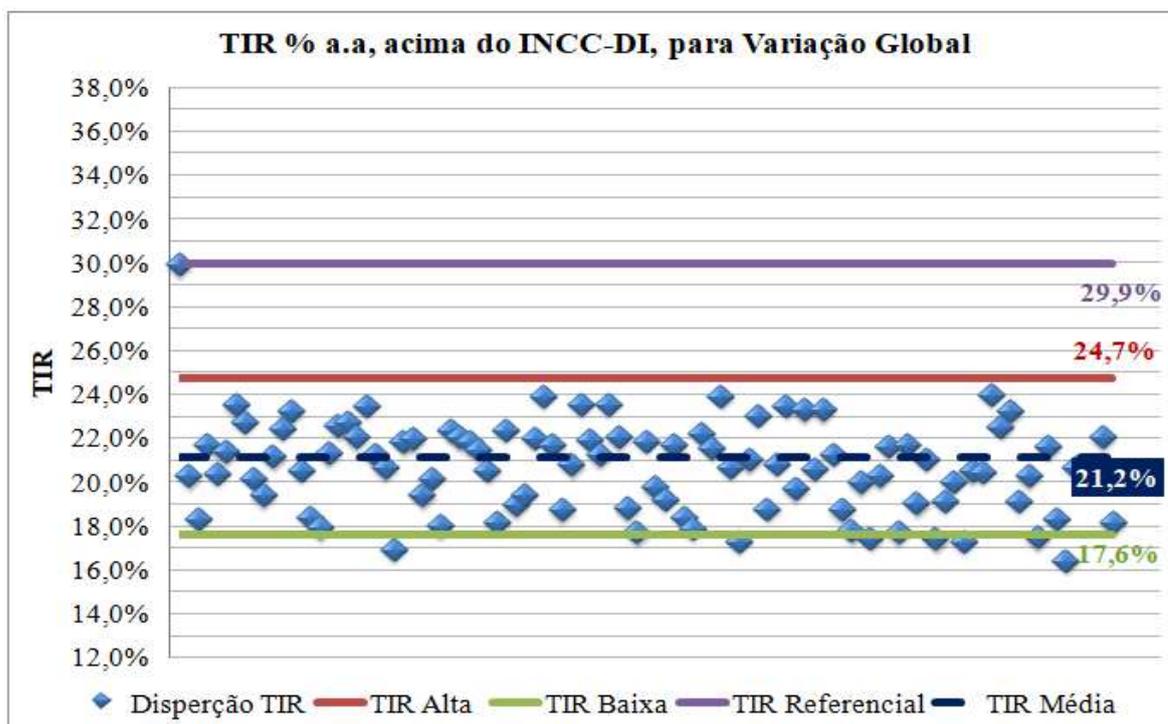
Fonte: o autor, 2020.

Gráfico 13 - Faixa de resultados, com 90% de confiabilidade, da simulação 02



Fonte: o autor, 2020.

Gráfico 14 - Faixa de TIR, com 90% de confiabilidade, da simulação 02



Fonte: o autor, 2020.

Tabela 33 - Indicadores do investimento e da qualidade do investimento na posição média sob stress global, da simulação 02

Indicadores do investimento e da qualidade do investimento - Empreendedor						
Valores em R\$ mil de abril-20, ajustados pelo incc						
Conta	Construção Convencional		Simulação 01		Simulação 02	
	Cenário Referencial	Posição Média sob Stress Global	Cenário Referencial	Posição Média sob Stress Global	Cenário Referencial	Posição Média sob Stress Global
Investimentos exigidos do empreendedor	51.788	56.618	51.053	54.832	51.011	54.676
Retorno dos investimentos	81.499	75.138	80.828	75.564	80.450	75.562
Resultado dos investimentos	29.711	18.520	29.775	20.732	29.439	20.886
% de RBV	15,99%	10,05%	16,02%	11,25%	15,84%	11,24%
TIR a.a., acima do incc	25,9%	16,1%	28,3%	19,7%	29,9%	21,2%
Taxa de retorno (múltiplo Selic-equivalente)	6,1	3,8	6,7	4,6	7,0	5,0
Payback primário dos investimentos do empreendedor no empreendimento	61 meses	66 meses	58 meses	63 meses	56 meses	61 meses
Duration dos investimentos do empreendedor no empreendimento à taxa de retorno esperada	60 meses	63 meses	57 meses	60 meses	55 meses	58 meses

Fonte: o autor, 2020.

5.5.5 AQI da simulação 03

Na construção da simulação 03, a superestrutura em concreto armado, ou convencional, foi substituída por superestrutura metálica, além de serem mantidos os sistemas de banheiros prontos, fachada pré-fabricada e *drywall* para as vedações internas, tornando este conjunto construtivo o mais complexo e desafiador entre os demais, em termos de construção modular, já que é uma solução que, até o momento, ainda não foi aplicada em edificações residenciais no Brasil, considerando as dimensões, custos e prazos envolvidos, relativos ao estudo de caso.

Esta metodologia construtiva é uma solução bastante utilizada em alguns países desenvolvidos, porém com diferenças cruciais em relação ao *real estate* brasileiro, no que tange alguns fatores que propiciam a maior utilização deste sistema no exterior do que no Brasil: alto custo de mão de obra; mão de obra mais qualificada, cadeia de suprimentos mais consolidadas e com maior diversidade de fornecedores, além de linhas de financiamento com taxas menores do que no Brasil. Todos estes fatores, conforme explicado no capítulo 3.2, criam um ambiente mais propício para níveis mais altos de construção modular, em termos de escala e complexidade, tal como nesta simulação.

A análise da AQI foi elaborada desconsiderando-se a alteração nos valores dos preços de venda e considerando a estratégia de ganho de prazo no empreendimento, como opção à alternativa da postergação na curva de desembolso ou da postergação da data de lançamento.

Nesta conjuntura, observa-se que o custo de obra aumentou de R\$ 66.362.311 do sistema construtivo convencional, para R\$ 75.351.388, um acréscimo de 13,5%. O prazo de obra reduziu em 8 meses, em relação ao sistema convencional e 03 meses em comparação à simulação 02, o que demonstra o forte impacto da estrutura metálica na redução do prazo.

Um ponto importante observado durante o estudo é que a altura da edificação e sua forma oneram consideravelmente a estrutura metálica, devido em grande parte a necessidade de um maior número de contraventamentos, o que corrobora novamente com a análise prévia do sistema construtivo que será adotado, antes da elaboração do estudo preliminar do produto, conforme descrito na simulação 02.

Tabela 34 - Comparativo entre os resumos de custos da construção convencional e da simulação 03

		CONVENCIONAL	SIMULAÇÃO 01	SIMULAÇÃO 02	SIMULAÇÃO 03
Despesas Diretas	100,0%	R\$ 53.977.976	R\$ 54.573.835	R\$ 55.625.226	R\$ 63.224.836
Despesas Indiretas	100,0%	R\$ 6.904.878	R\$ 6.529.878	R\$ 6.279.878	R\$ 5.904.878
Taxa de Administração	8,0%	R\$ 4.870.628	R\$ 4.888.297	R\$ 4.952.408	R\$ 5.530.377
Assistência Técnica	1,0%	R\$ 608.829	R\$ 611.037	R\$ 619.051	R\$ 691.297
Custo de Obra		R\$ 66.362.311	R\$ 66.603.047	R\$ 67.476.563	R\$ 75.351.388
Custo/m² na Área Construída		R\$ 2.419	R\$ 2.427	R\$ 2.459	R\$ 2.746
Custo/m² na Área Privativa		R\$ 3.623	R\$ 3.637	R\$ 3.684	R\$ 4.114
Prazo de obra		37 meses	34 meses	32 meses	29 meses

Fonte: o autor, 2020.

O balanço do empreendimento nesta simulação apontou que a representatividade das contas pré-operacionais e das contas de produção constituem 45,4% ante 39,8% do cenário referencial, uma diferença adicional de 5,6 p.p. e a mais alta em comparação com as simulações anteriores, o que demonstra uma maior exposição ao risco de variação preços dos insumos da obra. Já a margem resultou em 10,8% contra 16,0%, sendo 6,2 p.p abaixo do resultado da construção convencional, ou seja, o menor valor entre os métodos construtivos estudados.

Tabela 35 - Balanço do empreendimento da simulação 03

Balanço do empreendimento no cenário referencial		
Valores em R\$ mil de abril-20, ajustados pelo incc		
Conta	Cenário Referencial	
		% de RBV (Receita Bruta de Vendas)
Receita bruta de vendas - RBV	185.547	100,0%
despesas com PP&M	(7.372)	-4,0%
honorários de corretagem	(7.422)	-4,0%
impostos sobre a receita	(12.487)	-6,7%
Receita de vendas disponível	158.266	85,3%
terreno: permuta física + financeira	(50.344)	-27,1%
contas pré-operacionais do empreendimento	(5.103)	-2,8%
contas de obras	(66.238)	-35,7%
contas de incorporação	(580)	-0,3%
administração do empreendimento	(5.961)	-3,2%
margem de contribuição para CGA	(6.231)	-3,4%
Contas da implantação do empreendimento	(134.457)	-72,5%
Resultado do empreendimento	23.809	12,8%
juros do financiamento à produção	(24)	-0,01%
taxa de abertura de crédito	(252)	-0,1%
efeito do IPCA sobre o financiamento à produção	(3.577)	-1,9%
Resultado do empreendedor	19.956	10,8%

Fonte: o autor, 2020.

Com relação aos indicadores do investimento e da qualidade do investimento, nota-se que a TIR resultou em 24,8%, contra 25,9% da construção convencional, sendo o valor mais alto entre as demais simulações, devido à grande antecipação no prazo que este conjunto construtivo possibilita. Consequentemente o *payback* e o *duration* reduziram em 8 meses cada.

Tabela 36 - Indicadores do investimento e da qualidade do investimento da simulação 03

Indicadores do investimento e da qualidade do investimento no cenário referencial - Empreendedor	
Valores em R\$ mil de abril-20, ajustados pelo incc	
Conta	Cenário Referencial
Investimentos exigidos do empreendedor	47.799
Retorno dos investimentos	67.754
Resultado dos investimentos	19.956
% de RBV	10,8%
TIR a.a., acima do incc	24,8%
Taxa de retorno (múltiplo Selic-equivalente)	5,8
Payback primário dos investimentos do empreendedor no empreendimento	53 meses
Duration dos investimentos do empreendedor no empreendimento à taxa de retorno esperada	52 meses

Fonte: o autor, 2020.

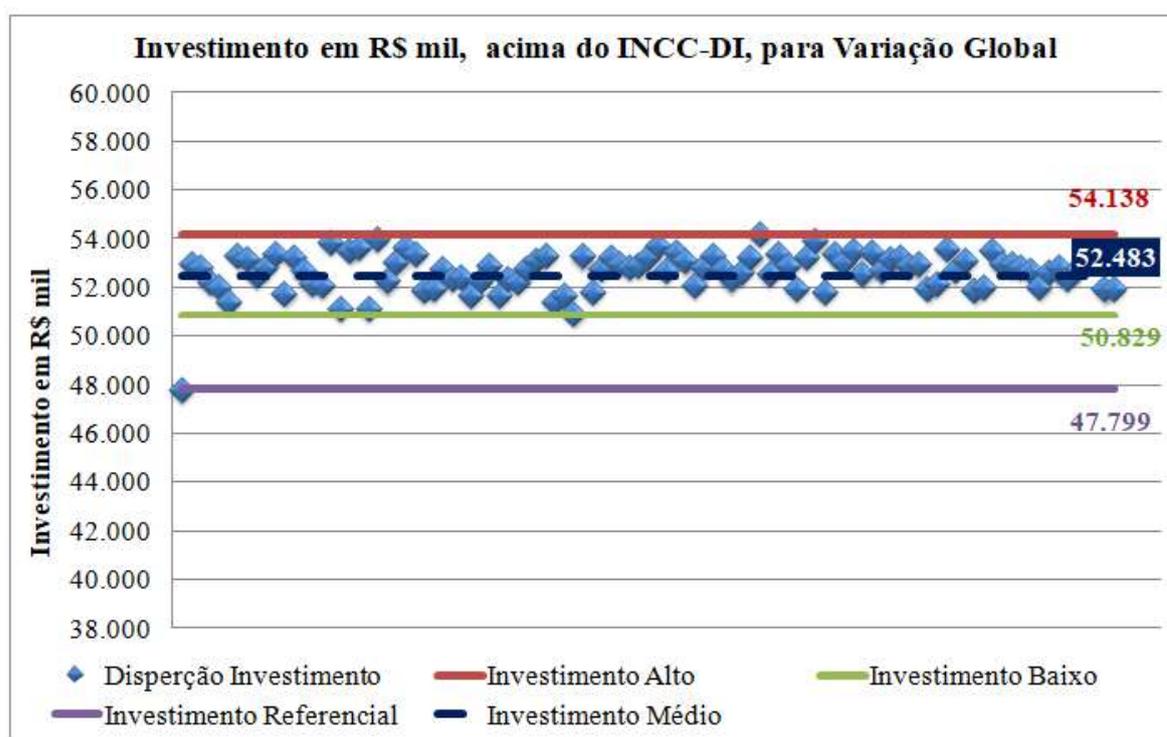
Já em relação ao comportamento dos indicadores TIR, resultado e investimento, sob perturbação global das variáveis custo, prazo, receitas e velocidade de vendas, os gráficos 15, 16 e 17 demonstram que a TIR média resultou em 14,0%, valor bem abaixo da Tat, os investimentos ficaram em R\$ 52.483 mil, abaixo da construção convencional que apresentou o volume de R\$ 56.618, e a margem de preço resultou em 6,1% do VGVB projetado, valor bem abaixo do espaço esperado de 11,00% a 15,00%, o que demonstra que a simulação 3, sob perturbação global de stress, considerando a posição média, evidencia um forte impacto na TIR, que reduziu de 24,8% para 14,0% e na margem do preço, que diminuiu de 10,8% para 6,1%, no entanto apresentou-se como a simulação que exige o menor volume de investimentos, entre os demais conjuntos construtivos, mesmo sob stress. Tal fato pode ser explicado pela maior sensibilidade do empreendimento, quando construído em estrutura metálica, à variação dos preços das commodities, minério de ferro e carvão mineral, que são os principais elementos da composição do aço, e pela maior representatividade da estrutura metálica no custo global do empreendimento, em relação à estrutura construída em concreto.

A conclusão que pode ser obtida diante de todos estes indicadores, TIR, Investimentos, Resultados, Payback e Duration é que a simulação 03, demonstra uma

necessidade na redução dos custos, que pode ser via uma reengenharia de projetos, e na análise de formatos de contratação da estrutura metálica, de forma que o custo não sofresse variações bruscas. Adotando-se estas 2 principais medidas, é possível obter-se melhores resultados nos indicadores econômicos e financeiros e possibilitar esta opção construtiva como investimento. Cabe lembrar que, para o investidor que busca a compra do imóvel, por exemplo, para a locação, a antecipação do prazo de obra em 8 meses pode ser mais atrativa em contrapartida à construção convencional que projeta o prazo de 37 meses.

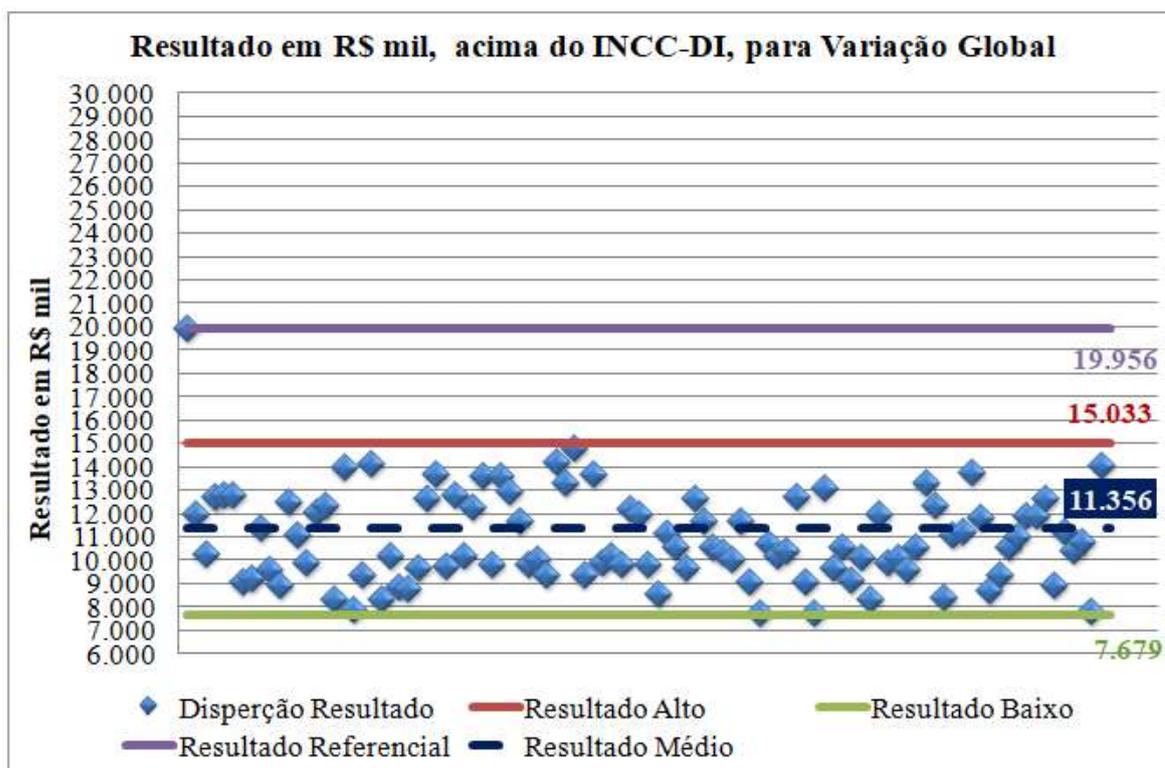
Portanto, o sistema construtivo ofertado na simulação 03 não pode ser validado como investimento por já apresentar a margem, no cenário referencial, abaixo do intervalo de atratividade, além de expor o empreendimento a um alto risco de impacto nos indicadores margem e TIR, quando submetidos ao stress das variáveis custo, prazo, receitas e velocidade de vendas.

Gráfico 15 - Faixa de investimentos, com 90% de confiabilidade, da simulação 03



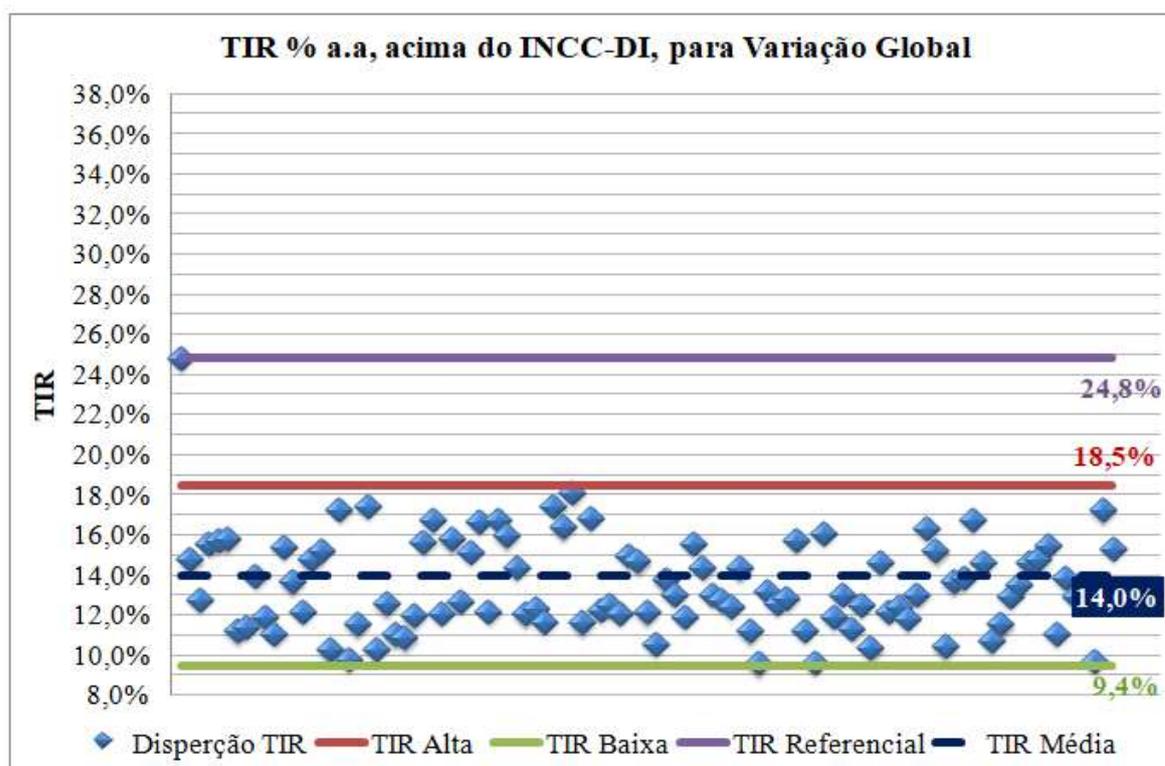
Fonte: o autor, 2020.

Gráfico 16 - Faixa de resultados, com 90% de confiabilidade, da simulação 03



Fonte: o autor, 2020.

Gráfico 17 - Faixa de TIR, com 90% de confiabilidade no cenário 03



Fonte: o autor, 2020.

Tabela 37 - Indicadores do investimento e da qualidade do investimento na posição média sob stress global, da simulação 03

Indicadores do investimento e da qualidade do investimento - Empreendedor								
Valores em R\$ mil de abril-20, ajustados pelo incc								
Conta	Construção Convencional		Simulação 01		Simulação 02		Simulação 03	
	Cenário Referencial	Posição Média sob Stress Global	Cenário Referencial	Posição Média sob Stress Global	Cenário Referencial	Posição Média sob Stress Global	Cenário Referencial	Posição Média sob Stress Global
Investimentos exigidos do empreendedor	51.788	56.618	51.053	54.832	51.011	54.676	47.799	52.483
Retorno dos investimentos	81.499	75.138	80.828	75.564	80.450	75.562	67.754	63.839
Resultado dos investimentos	29.711	18.520	29.775	20.732	29.439	20.886	19.956	11.356
% de RBV	15,99%	10,05%	16,02%	11,25%	15,84%	11,24%	10,75%	6,11%
TIR a.a., acima do incc	25,9%	16,1%	28,3%	19,7%	29,9%	21,2%	24,8%	14,0%
Taxa de retorno (múltiplo Selic-equivalente)	6,1	3,8	6,7	4,6	7,0	5,0	5,8	3,3
Payback primário dos investimentos do empreendedor no empreendimento	61 meses	66 meses	58 meses	63 meses	56 meses	61 meses	53 meses	58 meses
Duration dos investimentos do empreendedor no empreendimento à taxa de retorno esperada	60 meses	63 meses	57 meses	60 meses	55 meses	58 meses	52 meses	55 meses

Fonte: o autor, 2020.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

A monografia, por meio da apresentação dos principais sistemas modulares presentes no *real estate* brasileiro, buscou respostas para a validação destes métodos construtivos como uma alternativa promissora de investimento. A seguir são apontados os principais resultados do trabalho, que ainda podem ser aprimorados.

6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o capítulo 1, esta monografia teve como objetivo a apresentação dos sistemas modulares, como uma alternativa promissora aos métodos tradicionais de construção, por meio da apresentação de estudos comparativos entre os custos, prazos e análises dos investimentos e da qualidade dos investimentos para 3 diferentes metodologias de construção modular, usando como base de aferição dos resultados, a construção convencional. O estudo foi realizado na cidade de São Paulo, por meio da análise de um empreendimento de uso misto, da Yuny Incorporadora, enquadrado no segmento econômico, de múltiplos andares, atualmente em fase de projeto.

Para o desenvolvimento do objetivo buscou-se, por meio dos capítulos 2 e 3, o entendimento da origem da construção modular, apresentando um breve histórico deste método construtivo no Brasil e no mundo; como a norma brasileira define e regula os sistemas modulares no país; e os níveis de complexidade e escala da construção modular, usando-se a metodologia proposta por BERTRAM, *et al* (2019), *Modular Construction: From Projects to Products*. Já no capítulo 4, propôs-se a identificação dos principais sistemas pré-fabricados, que estão inseridos no contexto do *real estate* brasileiro, delineando os custos, prazos, vantagens e desvantagens de cada método construtivo, por meio da análise bibliográfica de trabalhos acadêmicos como o de ROCHA, A. C. Análise Comparativa de Planejamento e Custo de Fachadas de Edifício de Múltiplos Pavimentos com as Tecnologias Tradicional e com Chapas Delgadas Estruturadas em *Light Steel Framing* (2017).

Os dados para a conclusão do objetivo foram obtidos no capítulo 5, pela engenharia da Yuny Incorporadora, no qual são apresentadas análises dos investimentos e da qualidade dos investimentos para 4 diferentes métodos construtivos, com diferentes graus de escala e complexidade construtiva, para o estudo de caso de um empreendimento de uso misto, ainda em fase de projetos. Os resultados destas análises sucederam-se na tabela 37, que resume os dados comparativos dos sistemas construtivos simulados, e que produz um embasamento,

quanto à análise dos investimentos e a qualidade dos investimentos, para que a engenharia da Yuny pudesse avaliar a melhor opção construtiva, dentro do binômio risco versus remuneração do incorporador.

Tabela 38 - Comparativo dos indicadores do investimento e da qualidade do investimento frente a 4 métodos construtivos

Indicadores do investimento e da qualidade do investimento - Empreendedor								
Valores em R\$ mil de abril-20, ajustados pelo incc								
Conta	Construção Convencional		Simulação 01		Simulação 02		Simulação 03	
	Cenário Referencial	Posição Média sob Stress Global	Cenário Referencial	Posição Média sob Stress Global	Cenário Referencial	Posição Média sob Stress Global	Cenário Referencial	Posição Média sob Stress Global
Investimentos exigidos do empreendedor	51.788	56.618	51.053	54.832	51.011	54.676	47.799	52.483
Retorno dos investimentos	81.499	75.138	80.828	75.564	80.450	75.562	67.754	63.839
Resultado dos investimentos	29.711	18.520	29.775	20.732	29.439	20.886	19.956	11.356
% de RBV	15,99%	10,05%	16,02%	11,25%	15,84%	11,24%	10,75%	6,11%
TIR a.a., acima do incc	25,9%	16,1%	28,3%	19,7%	29,9%	21,2%	24,8%	14,0%
Taxa de retorno (múltiplo Selic-equivalente)	6,1	3,8	6,7	4,6	7,0	5,0	5,8	3,3
Payback primário dos investimentos do empreendedor no empreendimento	61 meses	66 meses	58 meses	63 meses	56 meses	61 meses	53 meses	58 meses
Duration dos investimentos do empreendedor no empreendimento à taxa de retorno esperada	60 meses	63 meses	57 meses	60 meses	55 meses	58 meses	52 meses	55 meses

Fonte: o autor, 2020.

Considerando-se os parâmetros mínimos de atratividade da incorporadora, definidos nas tabelas 14 e 22 como Tat igual a 17,8% ao ano, acima do Incc-DI, e margem sobre preço dentro do intervalo mínimo de 11,0% a 15,0%, o método construtivo convencional e a simulação 03 devem ser descartados como investimento. A construção convencional, considerando o cenário de stress global das variáveis de custo, prazo, receita e velocidade de

vendas, não resulta em indicadores de investimentos atrativos. Com relação à simulação 03, esta não apresenta resultados satisfatórios, quanto aos indicadores, já no cenário referencial. As opções construtivas que podem ser analisadas como investimento são as simulações 1 e 2, cujos indicadores do investimento, mesmo sob o cenário de stress global das variáveis, ainda resultam em valores acima dos parâmetros mínimos.

Os valores de TIR e de margem sobre o preço nas simulações 01 e 02 são próximos, tanto nos cenários referenciais como sob stress global, por isso, a engenharia da Yuny optou pelo método construtivo da simulação 02, devido às seguintes condições:

- A simulação 02 tem um prazo de obra de 32 meses, ou seja, 2 meses a menos do que o prazo de 34 meses da simulação 01. Este fato deve-se à implantação do sistema de banheiros pré-fabricados para 657 unidades, adicionalmente às soluções propostas na simulação 01.
- O banheiro pronto possibilita a contratação das unidades na modalidade “preço fechado²⁶” e com bastante antecedência ao início da execução das instalações e dos serviços civis, tais como as vedações internas, o que possibilita a fixação do preço de venda do fornecedor, ou seja, sem a atualização monetária, por um período maior do que o sistema convencional.
- Os sistemas modulares de fachada e de banheiros da simulação 02, por não serem ainda tão usuais na construção civil, ou seja, ainda são menos demandados na construção civil face à construção convencional, apresentam maior resiliência, no que se refere a aumento nos preços. Este fator que pode trazer vantagens financeiras à incorporadora, perante a construção convencional, em um momento de aquecimento no setor do *real estate*.
- A simulação 02 possui mais sistemas modulares no método construtivo, o que a torna uma solução com menor geração de resíduos e com menor demanda de áreas de estoque, visto que os sistemas modulares podem ser entregues no canteiro de obras e já disponibilizados nos locais onde serão instalados.

Em contrapartida, a simulação 02 demanda uma grua de uso exclusivo para os banheiros prontos; a logística de entrega de 657 unidades deve-se planejada com

²⁶ Modalidade de contratação por “preço fechado” ou a “empreitada por preço global” é a forma de contratação com menor risco entre as demais modalidades contratuais, pois a contratante somente deve pagar pelo preço total, previamente estipulado, independente de erros ou omissões nos valores estipulados pela contratada. As eventuais economias ou prejuízos desta modalidade são de responsabilidade da contratada.

antecedência, para que as metas de produtividade sejam cumpridas; é recomendável que a construtora fiscalize periodicamente, todo o processo de fabricação, dos banheiros prontos, já no ambiente fabril, de forma que somente as unidades aprovadas sejam entregues na obra; as verificações em fábrica devem ser feitas com uma antecedência mínima, de modo que eventuais falhas na montagem dos banheiros possam ser corrigidas, sem impactar no prazo de produção do empreendimento e, por fim, deve-se escolher o fornecedor dos banheiros industrializados de forma muito criteriosa, estabelecendo, de maneira clara, todos os prazos e diretrizes que deverão ser cumpridos, posto que a cadeia de suprimentos deste sistema modular é restrita, conforme descrito no capítulo 4.

Como consideração final, cabe o comentário de que o objetivo do trabalho foi atingido e que os resultados do estudo de caso já estão sendo instituídos em novos projetos da Yuny Incorporadora.

6.2 RECOMENDAÇÕES

Por fim, sem a pretensão de findar os inúmeros questionamentos para futuros estudos, o autor propõe algumas interpelações:

- A construção modular, que propõe a construção da edificação em módulos de apartamentos, pode ser validada como investimento? Em qual situação esta metodologia de construção poderia ser aplicada?
- Como a construção modular pode ajudar no déficit habitacional do Brasil?
- Quais impactos na sustentabilidade da construção civil que a construção modular pode representar?
- Qual é seria o limite de escala e complexidade, no uso de sistemas modulares, para a validação deste sistema construtivo como investimento?

Almeja-se que o presente trabalho possa trazer reflexões e induzir profissionais na busca por novas soluções que façam frente aos riscos e desafios do *real estate* brasileiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Indústria. **Manual da Construção Industrializada**. Brasília, 2015.

ABNT NBR 15873, **Coordenação Modular para Edificações**, 2010.

ABNT NBR 15575-4, Edificações Habitacionais – Desempenho - Parte 4: Requisitos para os Sistemas de Vedações Verticais Internas e Externas - SVVIE.

ALMEIDA PATINHA, M. P. de, **Construção Modular – Desenvolvimento da Ideia: Casa Numa Caixa**. Universidade Aveiro, tese de mestrado, Aveiro, 2011.

AMADIO, L. **Requisitos Mínimos para a Construção de Banheiros Prontos**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. São Paulo, p. 147. 2015.

BALDAUF, A. S. F. **Contribuição à Implementação da Coordenação Modular da Construção no Brasil**. 2004. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

BERTRAM, N.; FUCHS, S.; MISCHKE, J.; PALTER, R.; STRUBE, G.; WOETZE, J. **Modular Construction: From Projects to Products**. McKinsey & Company: Capital Projects & Infrastructure, 2019.

BREGATTO, Paulo Ricardo. **Documentos de Arquitetura: Trações & Pontos de Vista**. 1ª ed. Canoas/RS: editora da Ulbra, 2005.

CAPORIONI; GARLATTI; TENCA-MONTINI. **La Coordinación Modular**. Barcelona: GG, 1971.

CBCA. **Página institucional**. Disponível em: <<https://www.cbca-acobrasil.org.br/>>. Acesso em: 31 de maio de 2020.

COELHO, Glauci; BRUNO, Fábio. **Grécia, das Culturas Heládicas à Antiguidade Clássica na Arte e na Arquitetura, 2016**. Disponível em:

<<https://pt.slideshare.net/GlauciCoelho/aula-9-arte-e-arquitetura-grega-revisado-em-040514>>

Acesso em 30 de março de 2020.

CRASTO, R. C. M. **Arquitetura e Tecnologia em Sistemas Construtivos Industrializados: *Light Steel Framing***. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, p. 226. 2005.

DRYWALL – Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para *Drywall*. **Manual de Projeto de Sistemas de Drywall – Paredes, Forros e Revestimentos**. São Paulo, 2006.

GREVEN, Helio; BALDAUF, Alexandra. **Introdução à Coordenação Modular da Construção no Brasil: Uma Abordagem Atualizada**. Porto Alegre: ANTAC, 2007.

INOVATEC CONSULTORES ASSOCIADOS. **Comparative study between drywall and conventional masonry blocks for internal sealing of buildings**. 5th Internacional Conference on Zero Energy Mass Customized Housing - ZEMCH, Malaysia, 2016

Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/312597016_A_COMPARATIVE_STUDY_BETWEEN_DRYWALL_AND_MASONRY_PARTITIONS_IN_CONCRETE_FRAMEWORK_BUILDINGS>. Acesso em 31 de maio de 2020.

INNOVATEC, **Relatório de Análise Projeto de Vedação LSF e *Drywall*** – revisão 02. São Paulo, 2020.

LIMA JR., JOÃO DA ROCHA; MONETTI, E.; ALENCAR DE, C. T. – Real Estate: **Fundamentos para Análise de Investimentos**. 7^a ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

LISBOA. Ministério das Obras Públicas. Laboratório Nacional de Engenharia Civil. **Racionalização do Processo de Projecto 1 – Coordenação Dimensional Modular: Princípios e Aplicações**. Lisboa: Ministério das Obras Públicas, 1970

MCGRAW HILL CONSTRUCTION. (2011). **Prefabrication and Modularization: Increasing Productivity in the Construction Industry**. Bedford, MA.

MÓDULO. Dicionário Michaelis, 29 de março de 2020. Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br/>>. Acesso em 29 de março de 2020.

PEREIRA, C. **Drywall: o que é, vantagens e desvantagens.** Escola Engenharia, 2018. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/drywall/>>. Acesso em 11 de abril de 2020.

PINHEIRO, G. **Banheiro Pronto: Viabilidade Técnica e Econômica.** Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 80. 2015.

PINHO, F. O. **Viabilidade Econômica** (Série Manual de Construção em Aço) – Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2008.

ROCHA, A.C. **Análise Comparativa de Planejamento e Custo de Fachadas de Edifício de Múltiplos Pavimentos com as Tecnologias Tradicional e com Chapas Delgadas Estruturadas em Light Steel Framing.** Universidade de São Paulo. São Paulo, p.391. 2017.

ROCHA LIMA JUNIOR, João da. **Avaliação do Risco nas Análises Econômicas de Empreendimentos Habitacionais.** São Paulo, EPUSP, 1991. 143p. (Boletim Técnico. Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC-23/90)

ROSSO, T. **Teoria e Prática da Coordenação Modular.** São Paulo: FAUUSP, 1976.

SILVA, E. **Comparativo de Custo e Desempenho entre o Sistema de Vedação Convencional e o Fechamento em Drywall,** Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, p.45. 2016.

VALÉRIO, A. **Panorama Atual do Uso do Sistema de Drywall para Edifícios Residenciais.** Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 96. 2019.

APÊNDICE I – Resumo dos custos da obra no sistema convencional de construção

Obra: YUNY CHUCRI ZAIDAN

Revisão: 00

End.: AV. Dr. Chucri Zaidan x Rua Professor José Leite Oiticica - São Paulo - SP

Data Base:
abril/20

		27.437,85 m ² Área Construída	
1 RESUMO DA PLANILHA ESTIMATIVA DE ORÇAMENTO		18.314,72 m ² Área Privativa	
ITEM	Descrição completa	Custo total	%
1	PROJETOS E CONSULTORIAS	225.530,00	0,37%
1A	DEMOLIÇÕES / ESTRUTURA AUXILIAR / MOBILIZAÇÕES (PRÉ OBRA) FASE 1 (estimativa)	1.740.523,50	2,86%
2	INSTALAÇÕES PROVISÓRIAS E CANTEIRO DE OBRAS	330.239,95	0,54%
3	MOVIMENTO DE TERRA E DRENAGEM	304.138,43	0,50%
4	INFRAESTRUTURA	4.617.591,22	7,58%
5	SUPERESTRUTURA	9.384.766,63	15,41%
6	PAREDES E DIVISÓRIAS	3.495.453,16	5,74%
7	PORTAS DE MADEIRA E FERRAGENS	688.103,02	1,13%
8	ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO (linhas Gold, 30 e Elegance)	5.264.739,48	8,65%
9	ESQUADRIAS DE FERRO	1.683.868,68	2,77%
10	VIDROS	1.011.998,64	1,66%
11	COBERTURA	99.700,00	0,16%
12	IMPERMEABILIZAÇÃO E ISOLAÇÃO TÉRMICA	1.318.871,18	2,17%
13	FORROS	949.210,72	1,56%
14	REVESTIMENTO DE PAREDES INTERNAS	2.030.267,09	3,33%
15	REVESTIMENTO DE PAREDES EXTERNAS	2.130.689,53	3,50%
16	PISOS INTERNOS	2.625.961,85	4,31%
17	INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS	4.276.764,53	7,02%
17A	IRRIGAÇÃO (Não considerada)	0,00	0,00%
18	TAMPOS, LOUÇAS E METAIS SANITÁRIOS	1.710.756,75	2,81%
19	INSTAÇÕES ELÉTRICAS	3.830.672,37	6,29%
19A	LUMINÁRIAS (áreas comuns e piscina)	451.758,25	0,74%
19B	GERADOR 500 KVA	203.110,00	0,33%
20	PINTURA	1.305.216,56	2,14%
21	LIMPEZA PERMANENTE E FINAL DA OBRA	391.960,41	0,64%
22	ELEVADORES	1.672.021,09	2,75%
23	ACESSIBILIDADE	95.000,00	0,16%
24	AR CONDICIONADO, PRESSURIZAÇÃO DE ESCADA E EXAUSTÃO MECÂNICA	1.375.691,45	2,26%
25	PAISAGISMO	168.489,72	0,28%
26	SERVIÇOS COMPLEMENTARES	142.719,64	0,23%

27	PAVIMENTAÇÃO EXTERNA	128.583,47	0,21%
28	INSTALAÇÕES COMPLEMENTARES (WI-FI / CFTV / Detec. Incêndio / Autom. Portões)	579.874,45	0,95%
29	PISCINA C/ ÁGUA CLIMATIZADA	251.974,49	0,41%
30	AQUECIMENTO DE ÁGUA (não considerado)	0,00	0,00%
31	TRATAMENTO ACÚSTICO (sala do gerador)	33.250,00	0,05%
32	EQUIPE ADMINISTRATIVA DE OBRA	1.535.949,55	2,52%
33	EQUIPE DE PRODUÇÃO DA OBRA E PORTARIA	1.883.360,75	3,09%
34	EQUIPAMENTOS DE APOIO A PRODUÇÃO	1.142.175,50	1,88%
35	PROTEÇÕES DIVERSAS PARA SEGURANÇA DA OBRA	609.204,08	1,00%
36	CONSUMOS E DESPESAS	600.172,00	0,99%
37	SEGURANÇA DO TRABALHO	321.746,00	0,53%
38	COMUNICAÇÃO VISUAL	14.250,00	0,02%
39	SEGUROS E DESPESAS	237.500,00	0,39%
40	DESMOBILIZAÇÃO DA OBRA	19.000,00	0,03%
TOTAIS			
	Despesas Indiretas	6.904.877,83	11,34%
	Despesas Diretas	53.977.976,32	88,66%
A	Custo Raso de Obra	60.882.854,14	100,00%
B	Taxa de Administração de 8% (B x A)	4.870.628,33	
C	Taxa de Assitência Técnica de 1% (C x A)	608.828,54	
	Custo de Obra (A + B + C)	66.362.311,02	
	CUSTO POR M² NA ÁREA CONSTRUÍDA	2.418,64	
	CUSTO POR M² NA ÁREA PRIVATIVA	3.623,44	

APÊNDICE II – Comparativo de custos da fachada convencional com a pré-fabricada em chapa de *ultrawall*

FACHADA CONVENCIONAL	Un.	Quant.	PU (R\$)	Total (R\$)
				R\$ 2.547.097
BLOCOS DE CONCRETO				632.951
ALV. EM BLOCO CONCRETO 19x19x39cm	m ²	7.879,39	80,33	632.951
VERGAS E CONTRAVERGAS				21.068
VERGAS DE CONCRETO	m	151,20	69,67	10.534
CONTRA VERGAS DE CONCRETO	m	151,20	69,67	10.534
REVESTIMENTO DE PAREDES EXTERNAS				900.498
CHAPISCO EXTERNO EM FACHADAS	m ²	7.879,39	25,99	204.785
MASSA ÚNICA EXTERNA	m ²	7.879,39	67,90	535.010
MASSA ÚNICA EM FAIXAS NAS FACHADAS	m	2.514,10	28,61	71.928
FRISO NA MASSA DAS FACHADAS (mão de obra)	m	3.818,21	17,35	66.246
TRATAMENTO DE FRISO NA MASSA DAS FACHADAS	m	3.818,21	5,90	22.527
BALANCINS				186.652
LOCAÇÃO DE BALANCINS	m	219,59	850,00	186.652
PROTEÇÕES				270.340
BANDEJA SECUNDÁRIA	m	878,36	138,55	121.697
PROTEÇÕES DE VÃOS PAVIMENTOS	m	3.818,21	38,93	148.643
ENTELAMENTO				307.178
ENTELAMENTO DE FACHADA	m ²	11.819,08	25,99	307.178
TEXTURA				228.410,95
REVESTIMENTO TEXTURIZADO TERRACOR LINHA <i>PERFORMANCE</i> (panos)	m ²	7.879,39	25,00	196.984,70
REVESTIMENTO TEXTURIZADO TERRACOR LINHA <i>PERFORMANCE</i> (faixa)	m	2.514,10	12,50	31.426,25

FACHADA PRÉ-FABRICADA	Un.	Quant.	PU (R\$)	Total (R\$)
-----------------------	-----	--------	----------	-------------

R\$	2.793.653
------------	------------------

PAINEL PRÉ-FABRICADO				2.678.992
PAINEL MODULAR COM ESTRUTURA EM LSF, REVESTIDO COM CHAPA DUPLA RF + CHAPA GLASROC X + LÂ DE ROCHA EM DUPLA CAMADA + TYVEC + BASECOAT + TEXTURA	m2	7.879,39	340,00	2.678.992
FIRESTOP				79.800
FIRESTOP	m2	285,00	280,00	79.800
BALANCINS				186.652
LOCAÇÃO DE BALANCINS	m	219,59	850,00	186.652
ENTELAMENTO				307.178
ENTELAMENTO DE FACHADA	m ²	11.819,08	25,99	307.178
TEXTURA				228.411
REVESTIMENTO TEXTURIZADO TERRACOR LINHA PERFORMANCE (panos)	m ²	7.879,39	25,00	196.985
REVESTIMENTO TEXTURIZADO TERRACOR LINHA PERFORMANCE (faixa)	m	2.514,10	12,50	31.426
EQUIPE TÉCNICA, CANTEIRO E SEGUROS: REDUÇÃO DE PRAZO				-375.000
EQUIPE + CONSULTORIA + CANTEIRO DE OBRAS	meses	3,00	125.000,00	-375.000
REDUÇÃO NA ESTRUTURA E FUNDAÇÃO, DEVIDO A REDUÇÃO DO PESO				-312.379
REDUÇÃO NA ESTRUTURA	vb	1,50%	-150.763	-150.763
REDUÇÃO NA FUNDAÇÃO	vb	3,50%	-161.616	-161.616

RESUMO				Total (R\$)
FACHADA CONVENCIONAL				2.547.097
FACHADA PRÉ-FABRICADA				2.793.653
DIFERENÇA: PRÉ FABRICADA - CONVENCIONAL				+ R\$ 246.556

APÊNDICE III – Comparativo das Vedações Internas em Alvenaria com Dywall

VEDAÇÕES INTERNAS EM ALVENARIA: CONVENCIONAL				
	Un.	Quant.	PU (R\$)	Total (R\$)
				R\$ 4.171.425
BLOCOS CERÂMICOS (material + mão de obra)				1.819.073
BLOCO CERÂMICO 9x19x39cm + Fixações (material)	m ²	3.689,79	32,53	120.028
BLOCO CERÂMICO 14 x19x39cm + Fixações (material)	m ²	14.759,16	36,33	536.143
BLOCO CERÂMICO 19x19x39cm + Fixações (material)	m ²	10.473,80	40,77	426.979
EXECUÇÃO (mão de obra)	m ²	28.922,75	25,44	735.923
REVESTIMENTOS e ASSENTAMENTOS DE PAREDES INTERNAS (material + mão de obra)				1.583.065
CHAPISCO ROLADO P/ ESTRUTURA / GESSO (material + mão de obra)	m ²	7.230,69	2,85	20.607
CHAPISCO C/ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA	m ²	4.338,41	8,27	35.857
MASSA ÚNICA (material + mão de obra)	m ²	21.692,06	40,66	881.999
GESSO (material + mão de obra)	m ²	29.501,21	21,85	644.601
PINTURA (material + mão de obra)				452.196
REVESTIMENTO EM MASSA ÚNICA (material + mão de obra)	m ²	8.821,44	14,73	129.896
REVESTIMENTO EM GESSO (material + mão de obra)	m ²	29.501,21	10,93	322.301
ENTULHO				317.091
ENTULHO GERADO (caçamba)	un.	932,62	340,00	317.091

VEDAÇÕES INTERNAS EM DRYWALL	Un.	Quant.	PU (R\$)	Total (R\$)
------------------------------	-----	--------	----------	-------------

R\$ 4.145.727

PAREDE EM DRYWALL				3.445.444
PAREDE 120/70/600 - 2ST/2ST + LÃ DE VIDRO WF 75 mm (material + mão de obra)	m ²	7.855,35	124,43	977.473
Parede <i>Drywall</i> 95/70/400 1ST/1RU + Lã de Vidro WF 75 mm (material + mão de obra)	m ²	14.759,16	106,26	1.568.271
PAREDE 120/70/400 - RU + ST/ST + RU + LÃ DE VIDRO WF 75 mm (material + mão de obra)	m ²	6.308,24	142,62	899.700
REVESTIMENTO EM DRYWALL (material + mão de obra)				367.555
REVESTIMENTO COLADO - 1ST (material + mão de obra)	m ²	7.230,69	34,91	252.441
REVESTIMENTO COLADO - 1RU (material + mão de obra)	m ²	2.169,21	53,07	115.113
GERAIS (material + mão de obra)				547.812
MADEIRA TRATADA EM AUTOCLAVE PARA REFORÇO HORIZONTAL DO TIPO BANCADA	pç	15.960	14,08	224.653
GUIAS DE FIXAÇÃO DE PONTOS DAS INSTALAÇÕES	pç	16.150	7,20	116.280
BANDA ACÚSTICA 4 mm	m ²	35.503,59	3,68	130.689
CANTONEIRA PERFURADA	pç	1.672	7,20	12.038
MONTANTE DUPLO PARA VÃO DE PORTA - 2 POR VÃO	un.	3.154	20,34	64.152
PINTURA (material + mão de obra)				418.675
DRYWALL (material + mão de obra)	m ²	38.322,64	10,93	418.675
ENTULHO				79.273
ENTULHO GERADO (caçamba)	un.	233,16	340,00	79.273
REDUÇÃO NO PESO DA FUNDAÇÃO E ESTRUTURA				-713.031
FUNDAÇÃO		10%	461.759,12	-461.759
ESTRUTURA		3%	251.272,31	-251.272

RESUMO	Total (R\$)
VEDAÇÕES INTERNAS EM ALVENARIA: CONVENCIONAL	R\$ 4.171.425
VEDAÇÕES INTERNAS EM <i>DRYWALL</i>	R\$ 4.145.727
DIFERENÇA ENTRE SISTEMAS: <i>DRYWALL</i> - ALVENARIA	- R\$ 25.698

APÊNDICE IV – Comparativo de custos do banheiro convencional em *drywall* com o banheiro pronto

BANHEIRO CONVENCIONAL (área ponderada dos 3 formatos de banheiros)	Un.	Quant.	PU (R\$)	Total (R\$)
---	------------	---------------	-----------------	--------------------

**657
WC's** (*)

R\$ 9.041,35

DRYWALL (material + mão de obra)					R\$	2.020,30
Parede 95/70/400 + 1 chapa RU + lâ de vidro	m2	22,81	74,13	R\$		1.691,06
Shaft com revestimento estruturado 60/48/400 + 1 chapa RU + lâ de vidro	m2	0,71	69,21	R\$		49,33
Madeira tratada para reforço autoclave em bancadas	vb	1,00	98,74	R\$		98,74
Montante para fixação de batente	vb	1,00	92,00	R\$		92,00
Guias para fixação de pontos hidráulicos e elétricos	vb	1,00	89,17	R\$		89,17

CONTRAPISO (material + mão de obra)					R\$	130,76
CONTRAPISO COM ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA P/ RECEBER REVESTIMENTOS CERÂMICOS	m2	3,01	43,44	R\$		130,76

IMPERMEABILIZAÇÃO (material + mão de obra)					R\$	447,96
REGULARIZAÇÃO P/ IMPERMEABILIZAÇÕES (somente insumos / cimento e areia)	m2	3,01	8,60	R\$		25,88
IMPERMEABILIZAÇÃO COM ARGAMASSA POLIMÉRICA FLEXÍVEL	m2	3,01	134,19	R\$		403,90
TESTE	vb	1,00	18,18	R\$		18,18

INSTALAÇÕES (material + mão de obra)					R\$	1.438,77
HIDRÁULICA	m2	4,60	147,83	R\$		680,15
ELÉTRICA	m2	4,60	164,89	R\$		758,63

FORRO (material + mão de obra)					R\$	189,97
FORRO DE GESSO	m2	3,01	63,11	R\$		189,97

BANCADA (material + mão de obra)					R\$	407,17
SUPORTE METÁLICO	vb	1,00	43,27	R\$		43,27
BANCADA DE GRANITO PRETO SÃO GABRIEL (material + mão de obra)	m2	0,40	909,74	R\$		363,90

BAGUETE E SOLEIRA (material + mão de obra)					R\$	141,04
TENTO DE GRANITO PRETO SÃO GABRIEL LARG. 3.5 cm	m	1,90	63,77	R\$		121,17
SOLEIRA DE GRANITO PRETO SÃO GABRIEL LARG.=20cm	m2	0,14	141,95	R\$		19,87

PORTA (material + mão de obra)				R\$	662,34
PORTA PRONTA (0,70 m x 2,10 m)	m2	1,47	371,29	R\$	545,79
DOBRADIÇA LAFONTE CROMADA 1500 3x2.5 C/ PARAFUSOS	un.	3,00	7,08	R\$	21,25
FECHADURA BANHEIRO LAFONTE 6235 LINHA ARQUITETO CR	un.	1,00	95,30	R\$	95,30

LOUÇAS E METAIS (material + mão de obra)				R\$	1.327,68
BACIA DE LOUÇA COM CX. ACOPLADA DECA LINHA "VOGUE PLUS" COR BRANCA	un.	1,00	643,39	R\$	643,39
CUBA DECA EMBUTIR OVAL GRANDE L.37.17	un.	1,00	62,86	R\$	62,86
TORNEIRA DE MESA P/ LAVATÓRIO DECA	un.	1,00	174,55	R\$	174,55
SIFÃO P/ LAVATÓRIO "Esteves"	un.	1,00	90,97	R\$	90,97
VÁLVULA P/ LAVATÓRIO "Esteves"	un.	1,00	32,41	R\$	32,41
ACABAMENTO DE REGISTRO	un.	1,00	31,84	R\$	31,84
CONJUNTO FIXAÇÃO BACIA	un.	1,00	74,03	R\$	74,03
CONJUNTO FIXAÇÃO LAVATÓRIO	un.	1,00	74,03	R\$	74,03
ENGATE FLEXÍVEL	un.	1,00	30,27	R\$	30,27
SEKA PISO (profundidade de 2,5 cm)	m	0,90	125,91	R\$	113,32

REVESTIMENTO CERÂMICO (material + mão de obra)				R\$	984,68
PISO EM CERÂMICA ELIANE DIAMANTE CIMENTO 32.5x59cm	m2	3,01	85,48	R\$	257,29
PAREDE EM CERÂMICA DIAMANTE BRANCO 30x40 BOLD - ELIANE	m2	6,93	79,98	R\$	554,43
AC III (parede)	kg	31,78	1,85	R\$	58,64
AC III (piso)	kg	13,80	1,85	R\$	25,46
Rejunte cimentício cor cinza (piso)	kg	1,00	26,90	R\$	26,90
Rejunte cimentício cor branca (parede)	kg	2,30	26,90	R\$	61,95

PINTURA (material + mão de obra)				R\$	391,08
ESMALTE EM PORTA (material + mão de obra)	m2	1,47	26,72	R\$	39,28
LATEX PVA EM DRYWALL (material + mão de obra)	m2	0,71	13,08	R\$	9,32
LATEX PVA EM PAREDES (material + mão de obra)	m2	22,81	13,08	R\$	298,32
LATEX PVA EM FORRO DE GESSO (material + mão de obra)	m2	3,01	14,67	R\$	44,16

ENTULHO (material + mão de obra)				R\$	46,01
ENTULHO GERADO (caçamba)	m2	4,60	10,00	R\$	46,01

LIMPEZA (material + mão de obra)				R\$	44,47
LIMPEZA GROSSA	m2	4,60	9,67	R\$	44,47

EQUIPE DE FISCALIZAÇÃO (mão de obra)				R\$	809,12
---	--	--	--	------------	---------------

Engenharia, Mestre e Encarregado	vb	1,00	809,12	R\$	809,12
----------------------------------	----	------	--------	-----	--------

BANHEIRO PRÉ-FABRICADO	Un.	Quant.	PU (R\$)	Total (R\$)
		657	(*)	R\$ 10.261,12
		WC's		

GRUA - carga de ponta 3,5 ton.				R\$	180.000,00
Locação, operador, montagem, telescopagem e desmontagem (incluso horas extras para descarga noturna)	mês	4,00	45.000,00	R\$	180.000,00
WC 01: 1,56m x 2,70m x altura de 2,40m + complemento de 0,24m (entre o wc e a laje)				R\$	976.862,00
PROJETO, FABRICAÇÃO E MONTAGEM (material + mão de obra)	un.	95	10.282,76	R\$	976.862,00
WC 02: 2,01m x 2,31m x altura de 2,40m + complemento de 0,24m (entre o wc e a laje)				R\$	5.604.288,00
PROJETO, FABRICAÇÃO E MONTAGEM (material + mão de obra)	un.	546	10.264,26	R\$	5.604.288,00
WC 03 – PNE: 2,01m x 2,70m x altura de 2,40m + complemento de 0,24m (entre o wc e a laje)				R\$	230.407,75
PROJETO, FABRICAÇÃO E MONTAGEM (material + mão de obra)	un.	16	14.400,48	R\$	230.407,75
DESPESAS INDIRETAS: REDUÇÃO DE PRAZO					- R\$ 250.000
EQUIPE + CONSULTORIA + CANTEIRO DE OBRAS	mês	2,00	125.000,00		- R\$ 250.000

RESUMO	PU (R\$)	Total (R\$)
BANHEIRO CONVENCIONAL	R\$ 9.041	R\$ 5.940.166,18
BANHEIRO PRÉ-FABRICADO	R\$ 10.261	R\$ 6.741.557,75
DIFERENÇA ENTRE BANHEIROS: PRÉ-FABRICADO - CONVENCIONAL		R\$ 801.391,57

* desconsiderados os banheiros das unidades nR3 e nR6 que serão construídos pelo método convencional

APÊNDICE V – Comparativo da Superestrutura Convencional com Metálica

SUPERESTRUTURA CONVENCIONAL Un.	Quant.	PU (R\$)	Total (R\$)
			R\$ 9.384.766,63

FORMA E ESCORAMENTO				R\$	1.893.756,89
SUPERESTRUTURA					
FORMA DE MADEIRA				R\$	1.594.509,98
FORMA DE MADEIRA TIPO PRONTA	m ²	59.662,04	25,29	R\$	1.508.816,54
ACESSÓRIOS PARA FORMAS (material)	m ²	59.662,04	1,44	R\$	85.693,43
ESCORAMENTO METÁLICO				R\$	299.246,91
ESCORAMENTO METÁLICO (material)	vb	1,00	299.246,91	R\$	299.246,91

GRUA				R\$	629.413,00
LOCAÇÃO MENSAL - 30 M DE LANÇA E CARGA DE PONTA DE 2,5 TON	meses	19,00	15.180,00	R\$	288.420,00
SERVIÇOS DE MÃO DE OBRA	meses	19,00	17.947,00	R\$	340.993,00

CONCRETO SUPERESTRUTURA				R\$	5.618.609,33
CONCRETO SUPERESTRUTURA					
CONCRETO SUPERESTRUTURA				R\$	2.161.469,53
CONCRETO BOMBEÁVEL FCK 35 MPa (material)	m ³	4.419,41	269,82	R\$	1.192.453,61
CONCRETO BOMBEÁVEL FCK 45 MPa (material)	m ³	2.209,71	280,08	R\$	618.897,03
BOMBEAMENTO DE CONCRETO	m ³	6.629,12	30,78	R\$	204.031,99
CONTROLE TECNOLÓGICO	m ³	6.629,12	22,04	R\$	146.086,90
MÃO DE OBRA ESTRUTURA				R\$	3.457.139,80
MÃO DE OBRA P/ SUPERESTRUTURA					
(montagem + armação + lançamento de concreto)	m ³	6.629,12	520,00	R\$	3.447.139,80
PERFURAÇÃO EM LAJES E VIGAS (mão de obra)	vb	1,00	10.000,00	R\$	10.000,00

ARMAÇÃO SUPERESTRUTURA				R\$	2.858.805,84
ARMAÇÃO CA-50/60 PARA ESTRUTURA (material)	kg	762.348,23	3,75	R\$	2.858.805,84

LAJES SARRAFEADAS				R\$	277.938,46
ACABAMENTO LAJE SARRAFEADA P/ PISOS DOS PAVTOS (mão de obra)	m ²	27.503,69	8,72	R\$	239.845,37
CURA QUÍMICA PARA CONCRETO (material + mão de obra)	m ²	27.503,69	1,39	R\$	38.093,09

SUPERESTRUTURA METÁLICA	Un.	Quant.	PU (R\$)	Total (R\$)
--------------------------------	------------	---------------	-----------------	--------------------

R\$ 16.609.376,73

SUPERESTRUTURA METÁLICA				R\$	11.405.499,72
PILARES, VIGAS - projeto, fabricação e montagem					
PROJETO, FABRICAÇÃO E MONTAGEM (material + mão de obra)	kg	1.147.434,58	9,94	R\$	11.405.499,72

GRUA				R\$	298.143,00
LOCAÇÃO MENSAL - 30 M DE LANÇA E CARGA DE PONTA DE 2,5 TON	meses	9,00	15.180,00	R\$	136.620,00
SERVIÇOS DE MÃO DE OBRA	meses	9,00	17.947,00	R\$	161.523,00

FORMA E ESCORAMENTO SUPERESTRUTURA				R\$	2.121.330,84
FORMA DE MADEIRA				R\$	57.359,51
FORMA DE MADEIRA TIPO PRONTA (material)	m ²	2.146,23	25,29	R\$	54.276,85
ACESSÓRIOS PARA FORMAS (material)	m ²	2.146,23	1,44	R\$	3.082,66
LAJE PRÉ-FABRICADA				R\$	1.787.739,85
LAJE PRÉ-FABRICADA TRELIÇADA (material)	m ²	27.503,69	65,00		
ESCORAMENTO METÁLICO				R\$	276.231,48
ESCORAMENTO METÁLICO (material)	vb	1,00	276.231,48	R\$	276.231,48

LAJE DE CONCRETO - SUPERESTRUTURA				R\$	1.587.660,82
CONCRETO LAJE - capa com 9 cm				R\$	752.550,12
CONCRETO BOMBEÁVEL FCK 35 MPa (material)	m ³	1.650,22	269,82	R\$	445.265,88
CONCRETO BOMBEÁVEL FCK 45 MPa (material)	m ³	825,11	280,08	R\$	231.098,07
BOMBEAMENTO DE CONCRETO	m ³	2.475,33	30,78	R\$	76.186,18

MÃO DE OBRA ESTRUTURA				R\$	835.110,70
MÃO DE OBRA P/ LAJE PRÉ-FABRICADA					
(montagem + armação + lançamento de concreto)	m2	27.503,69	30,00	R\$	825.110,70
PERFURAÇÃO EM LAJES E VIGAS (mão de obra)	vb	1,00	10.000,00	R\$	10.000,00

ARMAÇÃO SUPERESTRUTURA				R\$	1.067.486,97
ARMAÇÃO CA-50/60 PARA ESTRUTURA (material)	kg	284.663,19	3,75	R\$	1.067.486,97

LAJES SARRAFEADAS				R\$	497.967,98
ACABAMENTO LAJE SARRAFEADA P/ PISOS DOS PAVTOS (mão de obra)	m²	27.503,69	8,72	R\$	239.845,37
LIMPEZA E ESTUCAMENTO LAJE PRÉ-FABRICADA	m2	27.503,69	8,00	R\$	220.029,52
CURA QUÍMICA PARA CONCRETO (material + mão de obra)	m²	27.503,69	1,39	R\$	38.093,09

CONTROLE TECNOLÓGICO				R\$	54.549,30
CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO (material + mão de obra)	m³	2.475,33	22,04	R\$	54.549,30

DESPESAS INDIRETAS: REDUÇÃO DE PRAZO				R\$	-375.000
EQUIPE + CONSULTORIA + CANTEIRO DE OBRAS	meses	3,00	125.000,00	R\$	-375.000

REDUÇÃO NA FUNDAÇÃO, DEVIDO A REDUÇÃO DA MASSA				R\$	-48.262
REDUÇÃO NA FUNDAÇÃO	vb	15,00%	-48.262	R\$	-48.262

RESUMO	Total (R\$)	
SUPERESTRUTURA CONVENCIONAL	R\$	9.384.766,63
SUPERESTRUTURA METÁLICA	R\$	16.609.376,73
DIFERENÇA ENTRE ESTRUTURAS: METÁLICA - CONCRETO		
	R\$	7.224.610,10

SUPERESTRUTURA METÁLICA		Un.	Quant.	PU (R\$)	Total (R\$)
					R\$ 16.484.376,73
SUPERESTRUTURA METÁLICA					R\$ 11.405.499,72
PILARES, VIGAS - projeto, fabricação e montagem					
PROJETO, FABRICAÇÃO E MONTAGEM (material + mão de obra)	kg	1.147.434,58	9,94	R\$	11.405.499,72
GRUA					R\$ 298.143,00
LOCAÇÃO MENSAL - 30 M DE LANÇA E CARGA DE PONTA DE 2,5 TON	meses	9,00	15.180,00	R\$	136.620,00
SERVIÇOS DE MÃO DE OBRA	meses	9,00	17.947,00	R\$	161.523,00
FORMA E ESCORAMENTO SUPERESTRUTURA					R\$ 2.121.330,84
FORMA DE MADEIRA					
FORMA DE MADEIRA TIPO PRONTA (material)	m ²	2.146,23	25,29	R\$	54.276,85
ACESSÓRIOS PARA FORMAS (material)	m ²	2.146,23	1,44	R\$	3.082,66
					R\$ 57.359,51
LAJE PRÉ-FABRICADA					
LAJE PRÉ-FABRICADA TRELIÇADA (material)	m ²	27.503,69	65,00	R\$	1.787.739,85
ESCORAMENTO METÁLICO					
ESCORAMENTO METÁLICO (material)	vb	1,00	276.231,48	R\$	276.231,48
					R\$ 276.231,48
LAJE DE CONCRETO - SUPERESTRUTURA					R\$ 1.587.660,82
CONCRETO LAJE - capa com 9 cm					
CONCRETO BOMBEÁVEL FCK 35 MPa (material)	m ³	1.650,22	269,82	R\$	445.265,88
CONCRETO BOMBEÁVEL FCK 45 MPa (material)	m ³	825,11	280,08	R\$	231.098,07
BOMBEAMENTO DE CONCRETO	m ³	2.475,33	30,78	R\$	76.186,18
					R\$ 752.550,12
MÃO DE OBRA ESTRUTURA					
MÃO DE OBRA P/ LAJE PRÉ-FABRICADA (montagem + armação + lançamento de concreto)	m ²	27.503,69	30,00	R\$	825.110,70
PERFURAÇÃO EM LAJES E VIGAS (mão de obra)	vb	1,00	10.000,00	R\$	10.000,00
					R\$ 835.110,70
ARMAÇÃO SUPERESTRUTURA					R\$ 1.067.486,97
ARMAÇÃO CA-50/60 PARA ESTRUTURA (material)	kg	284.663,19	3,75	R\$	1.067.486,97

LAJES SARRAFEADAS					R\$	497.967,98
ACABAMENTO LAJE SARRAFEADA P/ PISOS DOS PAVTOS (mão de obra)	m ²	27.503,69	8,72	R\$		239.845,37
LIMPEZA E ESTUCAMENTO LAJE PRÉ- FABRICADA	m ²	27.503,69	8,00	R\$		220.029,52
CURA QUÍMICA PARA CONCRETO (material + mão de obra)	m ²	27.503,69	1,39	R\$		38.093,09

CONTROLE TECNOLÓGICO					R\$	54.549,30
CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO (material + mão de obra)	m ³	2.475,33	22,04	R\$		54.549,30

DESPESAS INDIRETAS: REDUÇÃO DE PRAZO					-R\$	500.000,00
EQUIPE + CONSULTORIA + CANTEIRO DE OBRAS	meses	4,00	125.000,00	-R\$		500.000,00

REDUÇÃO NA FUNDAÇÃO, DEVIDO A REDUÇÃO DA MASSA						-48.262
REDUÇÃO NA FUNDAÇÃO	vb	15,00%	-48.262			-48.262

RESUMO		Total (R\$)	
SUPERESTRUTURA CONVENCIONAL	R\$		11.278.523,53
SUPERESTRUTURA METÁLICA	R\$		16.484.376,73
DIFERENÇA ENTRE ESTRUTURAS: METÁLICA - CONCRETO		R\$	5.205.853,20

ANEXO I – Proposta comercial da empresa NFI para o fornecimento de banheiros prontos



- ✓ Protótipo: 45 dias aprovação projetos
- ✓ Início entrega: 90 dias aprovação protótipos
- ✓ Entrega: **10 banheiros por dia conforme cronograma da obra**

○ **CONDIÇÕES GERAIS DE FORNECIMENTO:**

- ✓ Modalidade de negócio tipo “Conta Corrente” e empreitada global;
- ✓ Preço fixo por 12 meses;
- ✓ Considerado o faturamento direto para todos os materiais para a produção da “Célula Banheiro Pré-fabricado”;
- ✓ Os preços constantes nesta proposta estão expressos em reais. Esses preços estarão sujeitos a reajustes após o vencimento da validade desta proposta.
- ✓ Os materiais de acabamento indicados nesta proposta são referenciais para a consideração dos custos de materiais e mão de obra de suas aplicações. Quaisquer alterações nestes materiais tornam esta proposta passível de revisão.