

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

PEDRO DE OLIVEIRA PERONE

Metodologias para industrialização na construção civil:
impactos operacionais e financeiros em cenários
inflacionários

São Carlos
2025

PEDRO DE OLIVEIRA PERONE

Metodologias para industrialização na construção civil:
impactos operacionais e financeiros em cenários
inflacionários

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção, da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Orientadora: Prof.^a Associada Daisy Nascimento Rebelatto

Co-orientadora: Prof.^a Renata Veloso
Policarpo

São Carlos
2025

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da
EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

P453m Perone, Pedro
Metodologias para industrialização na
construção civil: impactos operacionais e financeiros
em cenários inflacionários / Pedro Perone; orientador
Daisy Nascimento Rebelatto; coorientador Renata Veloso
Policarpo. São Carlos, 2025.

Monografia (Graduação em Engenharia de
Produção) -- Escola de Engenharia de São Carlos da
Universidade de São Paulo, 2025.

1. Construção Civil. 2. INCC. 3. Custo de mão de
obra. 4. Industrialização da construção. 5. Indicadores
Operacionais. 6. Indicadores Financeiros. I. Título.

Eduardo Graziosi Silva - CRB - 8/8907

FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidato: Pedro de Oliveira Perone
Título do TCC: Metodologias para industrialização na construção civil: impactos operacionais e financeiros em cenários inflacionários
Data de defesa: 01/12/2025

Comissão Julgadora	Resultado
Professora Associada Daisy Aparecida do Nascimento Rebelatto (orientadora)	Aprovado
Instituição: EESC - SEP	
Professora Doutora Renata Veloso Santos Policarpo	Aprovado
Instituição: EESC - SEP	
Doutorando Ícaro Guilherme Félix da Cunha	Aprovado
Instituição: EESC - SEP	

Presidente da Banca: Professora Associada Daisy Aparecida do Nascimento
Rebelatto

DEDICATÓRIA

*A meus familiares, amigos e
colegas de curso por toda parceira e
suporte ao longo dessa jornada.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço profundamente à minha família pelo suporte e apoio incondicional em todas as etapas para além da minha jornada acadêmica.

Sou grato aos meus amigos, que sempre estiveram presentes e me apoiaram ao longo de toda minha trajetória.

Agradeço aos meus colegas de curso, que sempre me apoiaram ao longo de todo meu aprendizado durante a graduação.

RESUMO

PERONE, P. O. Metodologias para industrialização na construção civil: impactos operacionais e financeiros em cenários inflacionários. 2025. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2025.

A partir da inovação, digitalização e modernização das atuais relações de consumo e prestação de serviços, a classe trabalhadora passa a disfrutar de um leque maior e mais diversos de opções de fonte de renda, envolvendo principalmente formas menos exigentes em trabalho braçal. Essa transformação contribui para uma migração significativa da força de trabalho, afastando muitos profissionais do setor de construção civil, atraídos por formas mais seguras, práticas e sustentáveis de trabalho. Nesse cenário, surgem iniciativas para automatizar processos nos canteiros de obra, reduzir a dependência de mão de obra intensiva e melhorar as condições para os trabalhadores que permanecem no setor. O presente estudo tem como objetivo analisar como o processo de industrialização se expressa no setor de construção civil brasileiro e avaliar seus impactos operacionais e financeiros, especialmente em cenários de pressão inflacionária. Do ponto de vista metodológico, o estudo utiliza uma abordagem qualitativa, baseada na revisão de relatórios setoriais, balanços financeiros de companhias abertas, indicadores macroeconômicos e literatura especializada sobre industrialização e produtividade na construção civil. A análise também incorpora dados de inflação setorial e depoimentos reportados por empresas do setor ao longo dos ciclos trimestrais. Os resultados apontam que a adoção crescente de processos industrializados reduz a sensibilidade dos projetos à volatilidade inflacionária da mão de obra, melhora previsibilidade de custo e cronograma, e fortalece margens financeiras em cenários de pressão inflacionária. Além disso, observa-se que empresas com maior grau de industrialização, maior resiliência operacional e maior capacidade de cumprir cronogramas. Como contribuição, o estudo evidencia que a industrialização não apenas mitiga riscos operacionais e inflacionários, mas também representa um eixo estratégico de sustentabilidade financeira para o setor. A análise reforça que, em um ambiente de mudanças na força de trabalho e pressões estruturais sobre custos, a industrialização se consolida como um diferencial competitivo essencial para a continuidade e expansão da construção civil no Brasil.

Palavras-chave: Construção civil. INCC. Custo de mão de obra. Indicadores Operacionais. Indicadores Financeiros.

ABSTRACT

PERONE, P. O. **Metodologias para industrialização na construção civil: impactos operacionais e financeiros em cenários inflacionários.** 2025. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2025.

With the innovation, digitalization, and modernization of current consumption and service-delivery dynamics, the workforce has begun to benefit from a broader and more diverse range of income opportunities, particularly those involving less physically demanding forms of labor. This transformation has contributed to a significant migration of workers, drawing many professionals away from the construction sector and toward safer, more practical, and more sustainable forms of work. In this context, initiatives have emerged to automate on-site processes, reduce dependence on labor-intensive activities, and improve working conditions for those who remain in the sector. The present study aims to analyze how the industrialization process manifests itself within the Brazilian construction sector and to assess its operational and financial impacts, especially under inflationary pressure. From a methodological perspective, the study employs a qualitative approach based on a review of sectoral reports, financial statements from publicly traded companies, macroeconomic indicators, and specialized literature on industrialization and productivity in construction. The analysis also incorporates sector-specific inflation data and statements reported by companies throughout quarterly cycles. The results indicate that the growing adoption of industrialized processes reduces project sensitivity to labor-driven inflationary volatility, improves cost and schedule predictability, and strengthens financial margins in inflationary environments. Furthermore, companies with a higher degree of industrialization tend to exhibit greater operational resilience and a stronger ability to meet project timelines. As a contribution, the study demonstrates that industrialization not only mitigates operational and inflationary risks but also represents a strategic pillar for financial sustainability in the sector. The analysis reinforces that, in an environment marked by changes in the labor market and structural cost pressures, industrialization is consolidating itself as an essential competitive advantage for the continuity and expansion of the construction industry in Brazil.

Keywords: Brazilian construction sector. INCC. Labor cost. Operational indicators. Construction industrialization. Financial indicators.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Curvas de obra para construtoras listadas focadas no segmento de baixa renda (%) ..	32
Figura 2: Curvas de obra para construtoras listadas focadas no segmento de alta renda (%)	33
Figura 3:Série histórica INCC (#)	34
Figura 4: Série histórica da variação mensal INCC vs. IPCA (base 100).....	35
Figura 5: INCC para o segmento de padrão econômico (#).....	36
Figura 6: INCC para o segmento de padrão alto (#)	36
Figura 7: Nos últimos 12 meses a empresa teve dificuldade de contratar trabalhadores qualificados?	37
Figura 8: Comparação na base de imposto tributável sobre o VGV pré e pós reforma	45
Figura 9: Base de cálculo	46
Figura 10: Sondagem de empresas utilizando sistemas produtivos por porte.....	51
Figura 11: Sondagem de empresas que não utilizam sistemas produtivos por região	52
Figura 12: Sondagem de empresas que não estão utilizando sistemas produtivos - Motivações	52
Figura 13: Sondagem de empresas utilizando sistemas produtivos – percentual.....	53
Figura 14: Sondagem de empresas utilizando sistemas produtivos – percentual de obras entre regiões	53
Figura 15: Sondagem de empresas utilizando sistemas produtivos – tipos de sistemas industrializados	54
Figura 16: Sondagem de empresas utilizando sistemas produtivos – motivações	54
Figura 17: Sondagem de empresas utilizando sistemas produtivos – dificuldades.....	55
Figura 18: Sondagem do uso de sistemas industrializados nos próximos 12 meses em relação ao período anterior – porte	55
Figura 19: Sondagem do uso de sistemas industrializados nos próximos 12 meses em relação ao período anterior – região	56
Figura 20: Sondagem do uso de sistemas industrializados nos próximos 12 meses em relação ao período anterior - partes	56
Figura 21: Alea – Casas produzidas (uhs) x custo de fábrica.....	57
Figura 22: Alea – Casas produzidas (uhs) x custo de fábrica – projeção.....	58
Figura 23: Composição dos maiores países consumidores do minério de ferro brasileiro em 2020.....	60
Figura 24: Dados de produção, consumo doméstico, externo e aparente de minério de ferro (milhões de toneladas).....	61
Figura 25: Base de custos típica para cimentos.....	63
Figura 26: Uso de energia no setor de cimentos	63

Figura 27: Produção mensal de cimento (milhões de toneladas)	64
Figura 28: Produção mensal de cimento (milhões de toneladas)	64
Figura 29: Quebra do INCC em fatores de mão de obra	65
Figura 30: Principais características das construtoras por segmento	65
Figura 31: Principais características das construtoras por segmento	66
Figura 32: Fluxo de caixa de uma construtora baixa renda – vendas lineares	67
Figura 33: Fluxo de caixa de uma construtora baixa renda – vendas concentradas no início da obra.....	67
Figura 34: Fluxo de caixa de uma construtora baixa renda – vendas concentradas no fim da obra	68
Figura 35: Fluxo de caixa de uma construtora média/alta renda – vendas lineares	69
Figura 36: Fluxo de caixa de uma construtora baixa renda – vendas concentradas no início da obra.....	69
Figura 37: Fluxo de caixa de uma construtora baixa renda – vendas concentradas no fim da obra	70
Figura 38: Geração de caixa acumulada – VSO de 15%	71
Figura 39: Geração de caixa acumulada – VSO de 22%	71
Figura 40: Geração de caixa acumulada – VSO de 26%	71
Figura 41: Geração de caixa acumulada – VSO ~0%	71
Figura 42: curva de obra de um modelo tradicional de construção.....	81
Figura 43: curva de obra de um modelo tradicional de construção (tabela desacumulada)	82
Figura 44: curva de obra de um modelo industrial de construção.....	82
Figura 45: curva de obra de um modelo tradicional de construção (tabela desacumulada)	83
Figura 46: comparação da curva de obra (modelo tradicional vs. industrializado).....	83
Figura 47: comparação da receita e custo com construção acumulados (modelo tradicional vs. industrial – curva de obra).....	84
Figura 48: comparação da geração de caixa acumulada (modelo tradicional vs. industrial – curva de obra).....	85
Figura 49: TIR do projeto sensibilizando o 6º e o 9º mês de projeto	85
Figura 50: TIR do projeto sensibilizando o 12º e o 15º mês de projeto	86
Figura 51: TIR do projeto sensibilizando o 18º mês de projeto.....	86
Figura 52: comparação da receita/custo com construção acumulados (modelo tradicional vs. industrial – redução de custo).....	87
Figura 53: comparação da evolução da margem bruta (modelo tradicional vs. industrial – redução de custo).....	88
Figura 54: comparação da margem bruta em diferentes cenários (modelo tradicional vs. industrial – redução de custo).....	89

Figura 55: comparação da geração de caixa acumulado (modelo tradicional vs. industrial – redução de custo).....	89
Figura 56: TIR do projeto sensibilizando o custo de construção	90
Figura 57: comparação da receita/custo com construção acumulados (modelo tradicional vs. industrial)	91
Figura 58: comparação da evolução da margem bruta (modelo tradicional vs. industrial).....	91
Figura 59: comparação da geração de caixa acumulado (modelo tradicional vs. industrial).....	92
Figura 60: TIR do projeto sensibilizando o 6º e o 9º mês de projeto	92
Figura 61: TIR do projeto sensibilizando o 12º e o 15º mês de projeto	93
Figura 62: TIR do projeto sensibilizando o 18º mês de projeto.....	93
Figura 63: TIR do projeto sensibilizando a inflação (modelo industrial combinado os dois cenários)	94
Figura 64: TIR do projeto sensibilizando a inflação (modelo industrial com aceleração da curva de obra).....	95
Figura 65: TIR do projeto sensibilizando a inflação (modelo industrial redução de custo).....	95
Figura 66: comparação da evolução da margem bruta (inflação a 0,6%)	95
Figura 67: comparação da evolução da margem bruta (inflação a 0,2%)	96
Figura 68: comparação da evolução da margem bruta (inflação a 1,0%)	96
Figura 69: Margem do projeto sensibilizando a inflação (modelo industrial combinado os dois cenários)	96
Figura 70: Margem do projeto sensibilizando a inflação (modelo industrial com redução de custo).....	97
Figura 71: Margem do projeto sensibilizando a inflação (modelo industrial com aceleração de curva de obra).....	97
Figura 72: Margem do projeto sensibilizando a inflação (modelo industrial com aceleração de curva de obra).....	97
Figura 73: curva de vendas de um modelo tradicional de construção.....	98
Figura 74: curva de vendas de um modelo tradicional de construção (tabela desacumulada)	98
Figura 75: curva de vendas de um modelo tradicional de construção.....	99
Figura 76: curva de vendas de um modelo industrial de construção (tabela desacumulada)	99
Figura 77: curva de vendas de um modelo tradicional de construção.....	99
Figura 78: comparação da receita e custo com construção acumulados (modelo tradicional vs. industrial – obra e vendas)	100
Figura 79: comparação da geração de caixa acumulado (modelo tradicional vs. industrial)....	101
Figura 80: TIR do projeto sensibilizando o 6º e o 9º mês de projeto	101
Figura 81: TIR do projeto sensibilizando o 12º e o 15º mês de projeto	101
Figura 82: TIR do projeto sensibilizando o 18º mês de projeto.....	101

LISTA DE ABREVIATURAS

MCMV – *Minha Casa Minha Vida*

FGTS – *Fundo de Garantia de Tempo e Serviço*

CBIC – *Câmara Brasileira da Indústria da Construção*

INCC – *Índice Nacional de Custo de Construção*

PoC – *Percentage of Completion*

VGV – *Valor Geral de Vendas*

IPCA – *Índice de preços ao consumidor*

DRE – *Demonstrativo do Resultado do Exercício*

EBITDA – *Earnings Before Interests, Taxes, Depreciation and Amortization*

EBIT – *Earnings Before Interests and Taxes*

COGS – *Cost of Goods Sold*

SG&A – *Selling, General and Administrative Expenses*

FCFE – *Free Cash Flow to the Equity*

TIR – *Taxa Interna de Retorno*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	23
1.1. Justificativa.....	25
1.2. Objetivos.....	27
1.3. Estrutura do texto.....	27
2. REFERENCIAL TEÓRICO	30
2.1. Uma abordagem histórica e atual sob a ótica operacional no setor.....	30
2.1.1. Características da industrialização..... Error! Bookmark not defined.	
2.2. Comparação internacional e contextualização do quadro brasileiro	37
2.3. Introdução às novas tendências de industrialização no setor.....	39
2.3.1. A ótica tributária na construção civil.....	42
3. METODOLOGIA	48
3.1. Tipo de pesquisa	48
3.2. Coleta de dados.....	49
3.3. Procedimento de análise	49
4. CONTEXTUALIZAÇÃO	51
4.1. Sondagem da construção	51
4.1.1. Exemplo de empresas que utilizam industrialização: Alea	56
4.1.2. Exemplo de empresas que utilizam industrialização: FG.....	58
4.1.3. Exemplo de empresas que utilizam industrialização: Incorporada Tecverde.....	58
4.2. Abordagem dos custos e comportamento da inflação do setor (estudo base para a análise dos resultados).....	59
4.3. Abordagem da rentabilidade da industrialização no setor.....	65
5. SIMULAÇÃO E ANÁLISE DE CENÁRIOS	72
5.1. Introdução ao modelo genérico como ferramenta de estudo	72
5.1.1. Métricas e indicadores operacionais.....	72
5.1.2. Contabilidade do setor	76

5.1.3.	Premissas base	78
5.1.4.	Premissas de industrialização	79
5.1.5.	Premissas de inflação.....	79
6.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	81
6.1.	Redução de tempo de obra.....	81
6.2.	Economia de obra	87
6.3.	Combinação dos casos.....	90
6.4.	Teste de inflação	94
6.5.	Aceleração de vendas	97
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	103
8.	REFERÊNCIAS	106

1. INTRODUÇÃO

Segundo os dados do IBGE, o setor de construção civil apresentou altas de 4,2% e 4,1% em 2023 e 2024, respectivamente. Durante esse período, a positiva performance do setor foi sustentada pelo: (i) aquecimento do programa Minha Casa Minha Vida (MCMV); (ii) obras em função do ano eleitoral; (iii) dinamismo do mercado de trabalho e (iv) melhor desempenho da economia brasileira. O bom desempenho do setor também pode ser observado por meio das vendas de cimento. Nos últimos doze meses acumulados em novembro de 2024, foram negociados 64,5 milhões de toneladas (4% acima do mesmo período do ano anterior), de acordo com os dados da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC). Resultados importantes também se expressaram na criação de mais de 230 mil vagas formais entre janeiro e outubro de 2024. Durante o período, o setor atingiu novamente a marca de 2,98 milhões de trabalhadores registrados (marca equivalente ao nível observado em 2014). No mercado imobiliário de 2024, as vendas de novos apartamentos cresceram 20% em comparação com 2023 (registrando 293 mil unidades comercializadas), enquanto os lançamentos cresceram 17%. O financiamento do setor também se mostrou bem aquecido com 516 mil unidades financiadas pelo FGTS (Fundo de Garantia de Tempo e Serviço) e R\$ 107 bilhões movimentados nos dez primeiros meses de 2024 (altas respectivas de 28,1% e 37,8% comparadas ao mesmo período do ano anterior).

Apesar do aquecimento operacional do setor, a CBIC projeta uma desaceleração do crescimento da indústria para 2,3% em 2025. Entre as principais razões para a preocupação do setor se encontra o impacto causado pela aceleração do aumento da taxa Selic em um cenário de ciclo de alta de juros. Segundo a entidade, juros mais altos aceleram a retirada de recursos da poupança, usados para financiar o cliente de classe média e parte das obras das incorporadoras. Como consequência, a CBIC acredita que a elevação dos juros terá como impacto direto uma redução importante nos lançamentos de projetos imobiliários no setor de médio padrão, fora do MCMV (imóveis de R\$ 350 mil). Apesar da alta dos juros, a inflação, principalmente do setor, medida pelo Índice Nacional de Custo da Construção (INCC), permanece alta e acima do Índice de preços ao consumidor (IPCA), acumulando alta de 6,34% nos últimos 12 meses até novembro (ante 4,87% do IPCA), fortemente pressionada pelo fator mão de obra.

Além disso, o déficit habitacional no Brasil, de cerca de 6 milhões de unidades em 2022 (8% dos domicílios), afeta principalmente famílias de baixa renda (ganhos abaixo de R\$ 3.636,00), evidenciando a urgência de moradias acessíveis e políticas públicas eficazes.

A construção civil, crucial para atender essa demanda e impulsionar a economia, pode se beneficiar da adoção de tecnologias industrializadas, como pré-fabricação e métodos avançados, que garantem maior qualidade, eficiência, rapidez e redução de custos, conforme destacado por Abiko, Cardoso e Gonçalves (2005) e Ceotto (2021).

Desde o início de 2024, companhias listadas e não listadas do setor pontuam como a falta de mão de obra tanto em termos de quantidade, como qualidade, preocupa a saúde operacional e financeira de suas operações. Embora se trate de um tema que recentemente chamou mais a atenção do mercado, a luta contra a escassez de operários nos canteiros de obra se mostra presente desde o início da “uberização” do trabalho e dos efeitos resultantes nas novas relações empregatícias. A partir da digitalização, a classe trabalhadora passou a disfrutar de um leque mais diversos de opções de fonte de renda. Essa transformação contribui para uma migração da força de trabalho, afastando muitos profissionais do setor de construção civil (que representa uma forma de trabalho mais braçal), atraídos por formas mais seguras, práticas e sustentáveis de trabalho (ABÍLIO, 2020).

Ao mesmo tempo, as empresas enfrentam o desafio de reter e atrair mão de obra qualificada em um ambiente cada vez mais competitivo, onde setores como tecnologia, logística e serviços digitais oferecem alternativas mais atrativas (fenômeno especialmente forte em grandes centros urbanos como São Paulo e Rio de Janeiro). Nesse cenário, surgem iniciativas para: (i) automatizar processos realizados nos canteiros de obra, (ii) reduzir a dependência de mão de obra intensiva e (iii) melhorar as condições para os trabalhadores que permanecem no setor. Diante desse cenário, a industrialização da construção surge como opção para muitas empresas. Alternativamente, empresas também buscam por soluções que ainda se baseiam no uso de recursos humanos em suas obras, porém alterando o perfil do operário ao apostar na mão de obra estrangeira ou na maior presença feminina nos canteiros.

Finalmente, vale ressaltar como as expressões da industrialização no setor de construção civil e incorporação se diferenciam a depender do segmento e foco de atuação. Ao se apoiar em um modelo de negócios focalizado em um estilo padronizado de construção, as construtoras destinadas ao público de baixa renda já apresentam uma estrutura industrial mais consolidada e aplicada no dia a dia de suas operações. Por outro lado, as incorporadoras voltadas para os segmentos de média e alta renda, por possuírem foco na personalização, qualidade e exclusividade do produto final da obra, ainda contam com métodos de construção mais tradicionais e de baixa escalabilidade. Ao mesmo tempo, existe uma grande diferenciação dentro do próprio segmento de atuação das incorporadoras, principalmente sob a ótica da capacidade construtiva e de aproveitamento de terreno a nível

de projeto. Diferentes métodos construtivos industrializados representam coeficientes de aproveitamento de terreno distintos, economias de obra diferentes e consequentemente, rentabilidades divergentes. Diante desse leque de combinações, o presente estudo visa explorar as diferentes faces dessas metodologias construtivas (menos ou mais industrializadas) a fim de compreender como se comportam diante de diferentes cenários de inflação e disputa por rentabilidade em mercado tão competitivos por mão de obra.

1.1. Justificativa

A industrialização se destaca por sua capacidade de adaptar os elementos construtivos às necessidades específicas de cada empreendimento, respeitando princípios básicos da produção industrial (BARBOSA, 2005). Esses princípios incluem a i) redução da variabilidade dimensional dos componentes, ii) facilidade de combinação entre os elementos e iii) montagem mecânica ou com alto grau de mecanização.

Durante o período de intensa renovação do setor na busca de otimizar processos por meio de tecnologia e inovação, a industrialização e padronização dos sistemas produtivos vem ganhando diferentes feições dentro e, principalmente fora, dos canteiros de obra (CEOTTO, 2021). O incentivo à racionalização e à industrialização impulsionou o desenvolvimento de estudos voltados à criação de sistemas construtivos inovadores no Brasil a partir da década de 1980.

Um dos primeiros trabalhos a abordar a racionalização na construção, fundamentado no desempenho das edificações, foi apresentado por Rosso (1980). Em 1980, o tema da racionalização na construção civil ganhou relevância no Brasil, impulsionado principalmente pelas iniciativas do Instituto de Pesquisa e Tecnologia do Estado de São Paulo (IPT). Esse instituto desenvolveu pesquisas para a criação de critérios destinados à avaliação de soluções inovadoras, em parceria com o Banco Nacional da Habitação (BNH). Durante esse período, surgiram diversos elementos e sistemas construtivos, como alvenaria estrutural com blocos de concreto, painéis de argamassa armada e painéis cerâmicos, os quais apresentavam a versatilidade de desempenhar funções tanto de vedação vertical quanto horizontal. Esses elementos e sistemas compartilham características que os classificam como racionalizados. Ao contrário de serem industrialmente fabricados e montados no canteiro, são executados diretamente no local da obra de maneira otimizada, como no caso da moldagem de painéis ou da elevação de alvenarias moduladas, característica marcante da alvenaria estrutural.

Com o avanço da racionalização e da inovação, surgiram sistemas que contam atualmente com Documentos de Avaliação Técnica (DATEcs), elaborados segundo as diretrizes do Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (SiNAT), vinculado ao Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-h). Exemplos desses sistemas incluem o sistema leve de madeira, painéis de PVC preenchidos com concreto, painéis pré-moldados maciços de concreto armado e sistemas mistos compostos por blocos cerâmicos e de concreto. No que diz respeito aos sistemas industrializados, é possível classificá-los em dois grupos principais. O primeiro consiste em sistemas leves destinados a vedações internas, com peso inferior a 60 kgf/m², enquanto o segundo abrange sistemas voltados para estruturas e fechamentos, com função estrutural ou de vedação.

Os sistemas leves, pertencentes ao primeiro tipo de sistemas construtivos industrializados, começaram a ser introduzidos no Brasil na década de 1970, destacando-se a tecnologia conhecida como *drywall*. Esse sistema ganhou maior relevância a partir dos anos 1990, especialmente para vedações verticais. Ele é composto por perfis e guias de aço galvanizado com fechamento em chapas de gesso acartonado. Atualmente, o *drywall* é regulamentado por normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e apresenta ampla aplicação em edificações comerciais, especialmente escritórios e infraestruturas, sendo utilizado para o fechamento de espaços internos. Também tem sido amplamente empregado como divisórias internas em edificações habitacionais.

O segundo tipo de sistemas construtivos industrializados ou pré-fabricados inclui, em sua maioria, elementos de concreto armado e concreto protendido, com funções tanto estruturais quanto de vedação. Esses sistemas surgiram após a instalação da indústria de cimento no Brasil e o desenvolvimento de normas específicas para o concreto. A aplicação predominante desses elementos ocorreu em estruturas, com destaque também para o aço como componente relevante. Atualmente, os elementos estruturais de concreto e aço são considerados aqueles que alcançaram o maior grau de desenvolvimento em termos de industrialização no setor da construção civil.

A falta de moradias acessíveis no Brasil é um problema social persistente há décadas. Em 2022, essa questão se traduzia em um déficit habitacional de aproximadamente 6 milhões de unidades, representando 8% do total de domicílios do país. Desse total, mais de 80% eram voltados para famílias de baixa renda, ou seja, aquelas com ganhos mensais inferiores a três salários-mínimos (cerca de R\$ 3.636,00 em fevereiro de 2022). Esse cenário não apenas reforça a necessidade urgente de novas habitações, mas também destaca a relevância de políticas públicas e da adoção de soluções industrializadas na construção civil.

para garantir moradias dignas e acessíveis a essa parcela da população.

O setor da construção civil tem um papel fundamental tanto no atendimento à demanda por moradias quanto no estímulo à economia, à criação de empregos e à geração de renda. No entanto, para que esse potencial seja plenamente explorado, é essencial a ampliação do uso de tecnologias industrializadas, que proporcionam maior qualidade, eficiência, rapidez e redução de custos na construção. Entre essas inovações, destacam-se os métodos de pré-fabricação e técnicas construtivas avançadas, conforme abordado por Abiko, Cardoso e Gonçalves (2005) e Ceotto (2021).

1.2. Objetivos

O presente estudo tem como objetivo analisar como o processo de industrialização se expressa no setor de construção civil brasileiro e avaliar seus impactos operacionais e financeiros, especialmente em cenários de pressão inflacionária. A partir de diferentes níveis de inflação e de dependência de mão de obra, busca-se compreender de que maneira a industrialização contribui para a formação de custos, a produtividade dos projetos e as margens das empresas, bem como comparar cenários alternativos de adoção de soluções industrializadas.

Dessa forma, os objetivos intermediários para construção do objetivo foram:

- a) Identificar os principais indicadores operacionais e financeiros de uma construtora e incorporadora, assim como o uso de premissas básicas para a construção de um modelo genérico;
- b) Identificar os principais componentes da cesta de inflação do setor;
- c) Projetar os resultados operacionais futuros e consequentes resultados financeiros de uma construtora/incorporadora genérica;
- d) Simular diferentes quadros de inflação e custos de mão de obra do setor;
- e) Comparar os diferentes níveis de rentabilidade observados entre as diferentes estratégias de industrialização e como se relacionam com os diferentes cenários de inflação e custo de mão de obra.

1.3. Estrutura do texto

O Capítulo 1 apresenta a contextualização do tema, destacando os desafios estruturais enfrentados pelo setor de construção civil brasileiro, especialmente a pressão inflacionária, o aumento do custo de mão de obra e a escassez crescente de trabalhadores. Nesse capítulo são definidos o problema de pesquisa, os objetivos, geral e específicos, e a justificativa para o estudo, com ênfase no papel estratégico da industrialização como resposta a essas transformações. A introdução também delimita o escopo da investigação e estabelece as bases conceituais que orientarão o desenvolvimento dos capítulos seguintes.

O Capítulo 2 apresenta a revisão bibliográfica, na qual são discutidas as origens da industrialização na construção civil brasileira, a evolução dos sistemas construtivos racionalizados e industrializados, suas regulamentações técnicas e o papel da padronização na produtividade do setor. Ainda nesse capítulo, são examinadas a dinâmica histórica da inflação do setor, com ênfase no comportamento do custo de mão de obra, e as projeções futuras diante da redução da disponibilidade de trabalhadores.

O Capítulo 3 descreve os procedimentos metodológicos adotados, justificando o uso das abordagens descritiva e explicativa. Neste capítulo são detalhadas as fontes de dados, o modelo financeiro utilizado para simular a rentabilidade de projetos e os cenários de inflação analisados. Também são apresentadas as premissas referentes ao comportamento dos custos, à dependência de mão de obra e aos diferentes níveis de industrialização considerados no estudo.

O Capítulo 4 reúne a análise dos resultados. Nele, são comparados os impactos operacionais e financeiros entre estratégias de maior e menor industrialização, com base no modelo econômico-financeiro proposto. O capítulo apresenta a variação das margens, dos indicadores de geração de caixa e da Taxa Interna de Retorno (IRR), destacando como diferentes graus de automação e padronização influenciam a produtividade e a resiliência dos projetos diante de cenários inflacionários.

O Capítulo 5 apresenta a simulação e a análise de cenários desenvolvidas com base no modelo financeiro proposto, permitindo avaliar como diferentes combinações de velocidade de obra, velocidade de vendas, custos de construção e níveis de industrialização afetam a rentabilidade dos empreendimentos. Nesse capítulo, são exploradas as sensibilidades da Taxa Interna de Retorno (TIR), da geração de caixa e do reconhecimento de receita pelo método Percentage of Completion (PoC), evidenciando como decisões operacionais e estruturais influenciam o desempenho econômico dos projetos. Os cenários simulados destacam o papel da industrialização na redução de custos, na previsibilidade do cronograma e na mitigação dos efeitos da inflação, fornecendo uma base empírica sólida

para a comparação entre métodos construtivos tradicionais e industrializados.

O Capítulo 6 integra e discute os principais achados do estudo à luz da literatura revisada e das evidências empíricas apresentadas nos capítulos anteriores. Essa seção analisa criticamente os impactos da industrialização sobre produtividade, custos, previsibilidade de obra e resiliência financeira, destacando convergências e divergências em relação às teorias existentes. Também são exploradas as implicações práticas para construtoras e incorporadoras, considerando diferentes segmentos de mercado e níveis de maturidade tecnológica. A discussão busca, assim, conectar dados, conceitos e tendências, oferecendo uma interpretação ampliada dos resultados.

O Capítulo 7 apresenta as conclusões finais do estudo, sintetizando as contribuições teóricas e práticas da pesquisa e respondendo ao problema inicialmente proposto. Nesse capítulo, são discutidas as limitações do trabalho, bem como recomendações para gestores e formuladores de políticas públicas, com foco na industrialização como vetor de eficiência operacional e sustentabilidade financeira. Por fim, o capítulo propõe sugestões para pesquisas futuras, incluindo a análise de modelos mais robustos de produtividade, impactos da reforma tributária e aprofundamentos sobre tecnologias construtivas emergentes, consolidando caminhos para o avanço do conhecimento sobre o tema.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O presente capítulo tem por finalidade elucidar o quadro teórico e contextual que sustenta o estudo. Desta forma, o capítulo é dividido em quatro, sendo elas: (i) abordagem histórica do setor de construção civil brasileiro, (ii) comparação internacional e a contextualização do quadro brasileiro, (iii) a introdução às novas tendências de industrialização no setor, (iv) introdução às novas tendências de industrialização no setor.

2.1. Uma abordagem histórica e atual sob a ótica operacional no setor

Apesar da onipresente influência europeia desde o início e de acompanhar o ritmo de crescimento do Brasil desde sua colonização, o setor de construção civil passou a fortemente se industrializar com o aquecimento dos programas de habitação popular fomentados pelo governo (BNDES, 2009). A estrutura das edificações passou a ser revolucionada pelo concreto armado, o qual tornou possível a construção de mais altas, resistentes e econômicas. Antes do concreto armado, as construções eram limitadas a cerca de 4 a 5 andares devido às limitações de materiais como tijolos e madeira. Com a introdução do novo material, edifícios de 140 metros com 38 andares (como no caso do edifício Copan, em São Paulo), se tornaram viáveis. Em termos de economia, o concreto armado permite uma redução de até 30% no custo de materiais estruturais quando comparado com os sistemas tradicionais de alvenaria (IBRACON, 2017).

Em projetos habitacionais populares, como os do programa Minha Casa Minha Vida (MCMV), o uso de concreto moldado *in loco* pode reduzir o custo total em até 20% devido à agilidade e à padronização. Como terceiro pilar, o uso de concreto armado reduz o tempo de construção em até 50% em projetos de edifícios residenciais de médio porte, devido à possibilidade de construção simultânea de múltiplos andares, a exemplo do sistema de fôrmas e escoramentos (IBRACON, 2017). Tecnologias como pré-moldados de concreto ganharam destaque ao acelerar o tempo de execução e reduzir custos, sendo amplamente utilizadas em moradias populares e conjuntos habitacionais (SPADETO, 2011). A partir da década de 1990, o setor passou a se modernizar através do surgimento de softwares de CAD capazes de projetar obras com maior precisão e eficiência. Nos anos 2000, a digitalização do setor ganhou ainda mais tração, abrindo espaço para o surgimento de tecnologias como o *Building Information Modeling (BIM)*. Atualmente, o software é capaz de oferecer melhorias no planejamento e controle de obras, permitindo simulações e a integração de

diferentes etapas do ciclo de vida da construção (SEMENSATO, 2013). Recentemente, tecnologias como impressão 3D de componentes estruturais, uso de drones e robôs para tarefas como alvenaria e pintura estão sendo utilizadas para reduzir desperdícios, aumentar a sustentabilidade e monitoramento de canteiros está em expansão. Além disso, a inteligência artificial tem sido aplicada para otimizar cronogramas, prever riscos e melhorar o gerenciamento de materiais (BARBOSA, 2023).

No Brasil, a estratégia de segmentação atua como um fator determinante nos métodos construtivos adotados pela empresa construtora em seu modelo de negócios (ABIKO, 2005). Com foco na padronização e entrega de volume, construtoras focadas no segmento de baixa renda se apropriam de métodos industrializados focados na imposição de velocidade e redução de riscos de execução. Por outro lado, as empresas com foco no segmento de média e alta renda se apropriam de sistemas construtivos focados em produtos personalizados e de maior valor agregado (CEOTTO, 2021).

Em paralelo, o modelo de crédito associado ao programa MCMV permite a transferência de recebíveis para as incorporadoras logo após a realização das vendas, proporcionando um grande benefício para o fluxo de caixa dessas empresas. Assim, as construtoras voltadas para o segmento de baixa renda operam de forma ágil, concluindo ciclos completos de construção em um curto espaço de tempo, impulsionadas pela expectativa de retorno rápido e entrada de caixa (CASTELO, 2024). Com base nisso, empresas que participam do programa de habitação social, como Tenda (TEND3.SA); MRV (MRVE3.SA); e, Direcional (DIRR3.SA), utilizam métodos construtivos baseados em paredes de concreto moldadas com formas de alumínio e com pouco uso de aço. Os principais benefícios dessa padronização, inspirada em uma linha de produção industrial, incluem eficiência, rapidez, controle de custos e, especialmente, a redução dos custos com mão de obra, permitindo a fácil replicação das etapas em projetos futuros.

Adentrando nos detalhes da construção, as unidades (blocos, tijolos, etc.) são os componentes mais importantes da metodologia de alvenaria convencional, pois constituem a maior parte da estrutura de alvenaria e são responsáveis pela resistência à compressão dos pilares e paredes, que são os principais elementos desse tipo de estrutura (ABIKO, 2005). Em outras palavras, essas unidades desempenham um papel essencial na definição das características de resistência da estrutura.

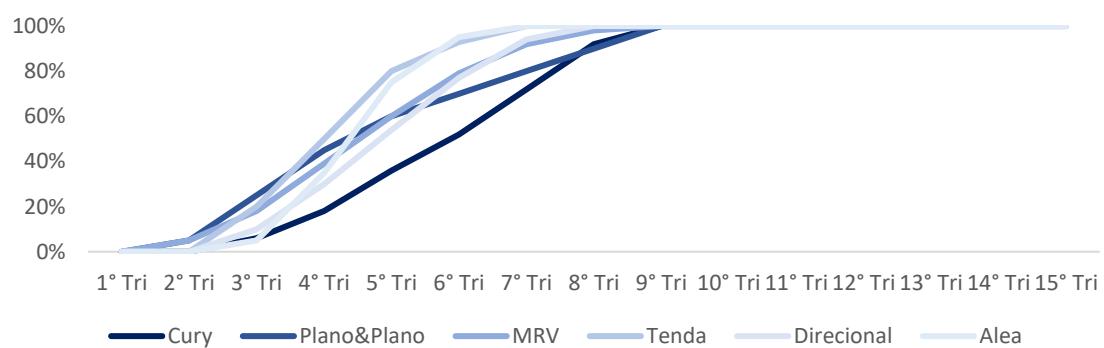
Diferentemente do método tradicional de alvenaria, as construtoras voltadas para o público de alta renda frequentemente optam por uma metodologia robusta, como o concreto armado, que consiste basicamente em uma união de concreto com uma estrutura interna de

aço (IBRACON, 2017). Nesse caso, as paredes de alvenaria têm apenas a função de vedação, ou seja, não fazem parte do sistema resistente do edifício, que é composto por lajes, vigas, pilares e elementos de fundação. A principal vantagem desse método é permitir alterações nas paredes, algo inviável com a alvenaria tradicional (ABIKO, 2005). Assim, caso o proprietário deseje personalizar a planta no futuro, removendo alguma parede, isso seria possível. Esse método de construção é geralmente aplicado em imóveis com mais de aproximadamente 70 m². Outras vantagens a serem mencionadas são: i) alta resistência à compressão, ii) baixo custo de manutenção, iii) possibilidade de moldagem em diversos formatos e tamanhos, iv) exigência de menos mão de obra qualificada e v) maior durabilidade. Por outro lado, o método apresenta: i) custo mais elevado devido ao uso de formas de madeira ou metal, ii) geração de grande quantidade de resíduos de construção, iii) período de construção mais longo devido ao tempo de cura do concreto iv) demolição mais difícil e trabalhosa.

Determinadas metodologias apresentam divergências em ritmo, complexidade e características de obras. Construtoras de baixa renda, por adotarem métodos mais industrializados e padronizados, conseguem impor curvas de obras mais acentuadas quando comparadas com companhias focadas em moradias de alto padrão. Isso pode ser visto na Figura 1 e 2.

A Figura 1 apresenta a curva média de evolução de obra das principais construtoras listadas no segmento de baixa renda. Observa-se que empresas como Tenda, Direcional, MRV, Plano&Plano e Cury apresentam aceleração significativa entre o 3º e o 7º trimestre de obra, resultado direto do uso de sistemas construtivos padronizados, paredes de concreto e processos altamente repetitivos. Esse modelo permite ciclos mais curtos, maior previsibilidade operacional e rápida execução.

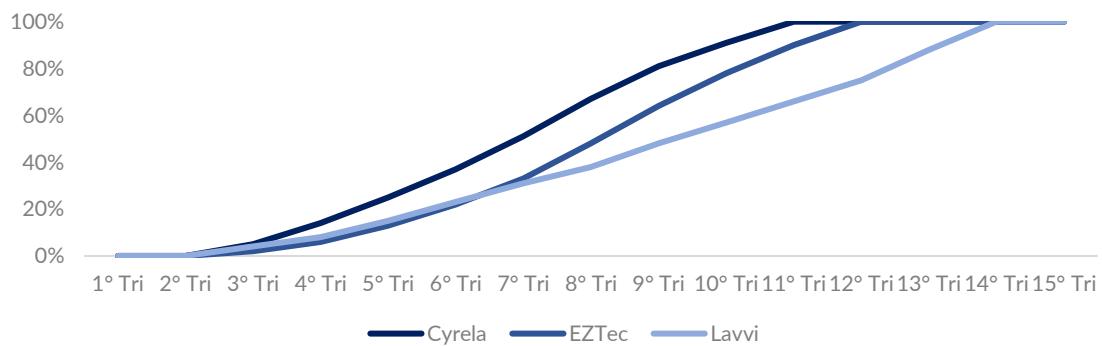
Figura 1: Curvas de obra para construtoras listadas focadas no segmento de baixa renda (%)



Fonte: Relação com investidores das companhias

A Figura 2 ilustra as curvas de obra de empresas focadas no segmento de média e alta renda, como Cyrela, EZTec e Lavvi. Nota-se que, diferentemente do segmento econômico, a evolução das obras ocorre de maneira mais gradual e distribuída ao longo de até 14 a 15 trimestres. Isso decorre do uso de métodos construtivos tradicionais, maior intensidade de acabamentos, personalização das unidades, demandas arquitetônicas mais complexas e etapas adicionais de inspeção e controle de qualidade.

Figura 2: Curvas de obra para construtoras listadas focadas no segmento de alta renda (%)



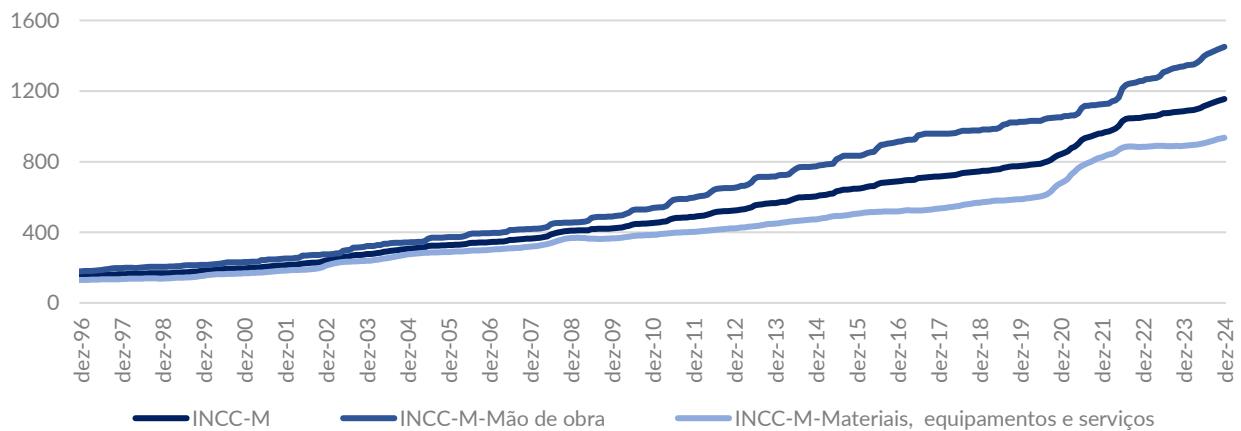
Fonte: Relação com investidores das companhias

Apesar de apresentarem metodologias construtivas e velocidades de obras distintas, todas as empresas do setor de construção civil no Brasil, focadas no segmento de baixa ou alta renda, se encontram pressionadas pelo desafiador cenário macro, marcado pelas persistentes altas taxas, vivido pelo país a partir entre 2023 e 2025 (CASTELO, 2024). A construção civil se encontra fortemente pressionada pelos custos de mão de obra e de materiais utilizados em suas operações, o que fica claro com a recente elevação acentuada do principal indicador de inflação do setor, o Índice Nacional de Construção Civil (INCC), que mede a variação dos preços de materiais, equipamentos, serviços e mão de obra utilizados na construção civil (FGV, 2024).

Conforme FGV IBRE (2024), os principais fatores limitantes para os negócios no setor da construção eram a elevação dos preços dos materiais (apontados por 38,1% das empresas) e a falta de demanda (35,9%). Esses desafios refletiam um momento em que os investimentos começavam a reagir timidamente às taxas de juros reduzidas, enquanto a economia ainda sofria os efeitos da interrupção abrupta nas cadeias produtivas causadas pela pandemia da COVID 19. Apesar das dificuldades naquele contexto de atividade econômica fragilizada, apenas 10,7% das empresas relatavam escassez de mão de obra qualificada como uma preocupação relevante (CASTELO, 2024).

Ao longo de três anos (2021 a 2024), entretanto, o cenário passou por mudanças significativas, especialmente no que diz respeito aos custos dos materiais, à demanda e à oferta de mão de obra. O aumento dos investimentos em infraestrutura e no setor imobiliário transformou a situação identificada em 2021, e a escassez de trabalhadores qualificados emergiu como o principal desafio apontado pelas empresas no âmbito das suas limitações operacionais. A Figura 3 traz uma série histórica do INCC até dezembro de 2024.

Figura 3:Série histórica INCC (#)



Fonte: FVG Ibre

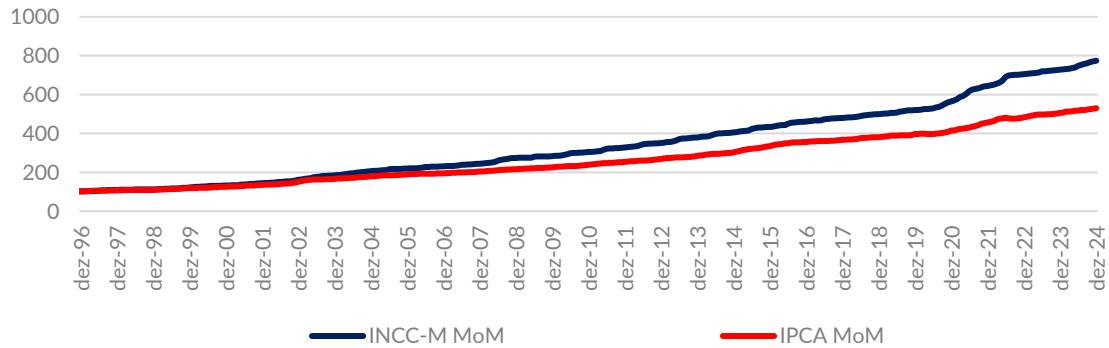
A Figura 3 apresenta a série histórica do Índice Nacional de Custo da Construção (INCC) até dezembro de 2024, desdobrada em seus três principais componentes: INCC-M total, INCC-M Mão de Obra e INCC-M Materiais, Equipamentos e Serviços. Observa-se uma trajetória consistentemente ascendente ao longo de mais de duas décadas, refletindo aumentos contínuos nos custos de construção no Brasil. A partir de 2020, porém, a inclinação das curvas se acentua de maneira expressiva, especialmente no componente de mão de obra, indicando pressões inflacionárias mais fortes no período pós-pandemia.

O gráfico evidencia dois movimentos importantes: (i) uma aceleração significativa dos custos entre 2020 e 2022, impulsionada pela ruptura das cadeias de suprimentos, aumento da demanda por insumos e reajustes salariais no setor; e (ii) a manutenção de um patamar elevado de custos até 2024, mesmo após a normalização logística, sugerindo persistência estrutural da inflação da construção. Além disso, fica claro que o subíndice de mão de obra cresce mais rapidamente do que o de materiais e equipamentos, reforçando o argumento central deste estudo de que a escassez e o encarecimento da força de trabalho têm desempenhado papel determinante na elevação dos custos operacionais.

Ao mesmo tempo, é possível observar como a variação do INCC-M superou a

variação do IPCA desde meados de 2005. Determinado comportamento representa um cenário de desafio principalmente para as construtoras de baixa renda, uma vez que existe uma defasagem entre a capacidade de repasse de preço e o poder de compra do público-alvo.

Figura 4: Série histórica da variação mensal INCC vs. IPCA (base 100)



Fonte: FGV Ibr. IBGE

A comparação entre o INCC-M e o IPCA é fundamental porque evidencia que a inflação da construção civil tem crescido de forma mais intensa e persistente do que a inflação geral da economia desde meados de 2005. Enquanto o IPCA capta a variação média dos preços para o consumidor, o INCC-M reflete especificamente os custos do setor — materiais, serviços e, sobretudo, mão de obra. Quando o INCC-M supera consistentemente o IPCA, isso indica que os custos de produzir estão aumentando mais rápido do que a renda do consumidor e sua capacidade de absorver aumentos de preço.

Ao analisar o comportamento do índice por segmento de renda, é possível ver como o custo de mão de obra pressionou igualmente a inflação tanto para a baixa quanto alta renda. Determinado comportamento se mostrou ainda mais forte a partir de meados da segunda metade do ano de 2024 como mostra as Figuras 5 e 6.

A Figura 5 apresenta a evolução do INCC-M para o segmento de padrão econômico, destacando a contribuição dos seus principais componentes: mão de obra e materiais/equipamentos. Observa-se que, entre julho e dezembro de 2024, o subíndice de mão de obra registra a maior aceleração, ultrapassando a variação dos demais componentes. Isso indica que, mesmo em um segmento caracterizado por processos mais padronizados e industrializados, a escassez de trabalhadores qualificados exerceu forte pressão sobre os custos de construção. Como resultado, empresas do padrão econômico enfrentaram um aumento significativo nos custos operacionais, com impacto direto na margem e na previsibilidade de execução dos projetos.

A Figura 6 apresenta o comportamento do INCC-M para o segmento de padrão alto, que contempla empreendimento mais complexos, personalizados e com menor grau de industrialização. Assim como observado no padrão econômico, o componente de mão de obra também se destaca como principal vetor de pressão inflacionária no segundo semestre de 2024. A diferença relevante é que, no padrão alto, o impacto tende a ser ainda mais pronunciado, uma vez que projetos personalizados exigem maior quantidade de serviços especializados, fases adicionais de acabamento e equipes mais qualificadas. Isso torna o segmento mais sensível às oscilações salariais e à disponibilidade de mão de obra.

Figura 5: INCC para o segmento de padrão econômico (#)

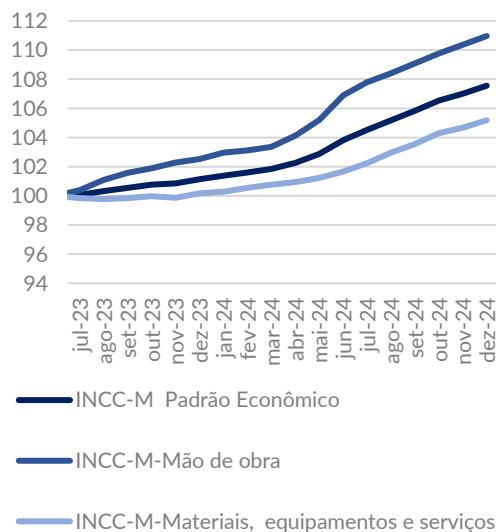
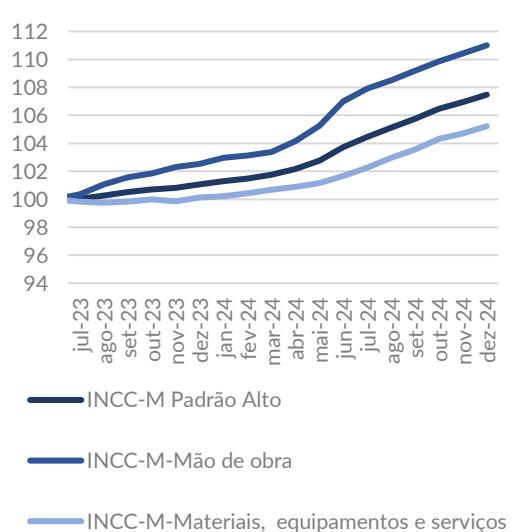


Figura 6: INCC para o segmento de padrão alto (#)



Fonte: FGV IBre

Fonte: FGV IBre

De acordo com os quesitos especiais apresentados na Sondagem da Construção (FGV IBRE 2024), 71,2% das empresas do setor relataram enfrentar dificuldades para contratar trabalhadores qualificados ao longo dos últimos 12 meses. Entre essas, 39% indicaram que o nível de dificuldade foi elevado. Os segmentos de serviços especializados, que demandam maior intensidade de mão de obra, são os mais impactados por essa escassez, especialmente nas etapas finais do ciclo produtivo. Nesse contexto (Figura 7), empresas de Obras de Instalações e de Acabamento destacaram-se com os maiores índices de relato de "Muita Dificuldade" (FGV IBRE, 2024).

Figura 7: Nos últimos 12 meses a empresa teve dificuldade de contratar trabalhadores qualificados?

Segmentos	Sim, pouco	Sim, muita	Nenhuma
Setor da Construção	32,2	39,0	28,8
Edificações	32,3	33,8	33,9
Obras viárias	29,1	33,9	37,0
Obras de montagem	55,1	28,5	16,4
Obras de instalações	20,2	54,7	25,1
Obras de acabamento	28,6	43,7	27,7
Outros serviços de construção	36,9	38,7	24,4

Fonte: FGV IBre

Os dados apresentados reforçam que a escassez de trabalhadores qualificados não é um fenômeno pontual, mas um desafio estrutural que atravessa diversos segmentos da construção civil. A forte incidência de relatos de “Muita Dificuldade”, especialmente em serviços especializados como instalações e acabamentos, evidencia que a pressão sobre a mão de obra afeta tanto atividades gerais quanto etapas críticas e intensivas em qualificação técnica. Esse quadro contribui diretamente para a elevação dos custos de construção e amplifica a rigidez operacional das empresas, dificultando o cumprimento de cronogramas e a manutenção de margens financeiras. Assim, a evidência empírica fornecida pela sondagem da FGV IBRE reforça a necessidade de estratégias que reduzam a dependência do trabalho intensivo, destacando a industrialização como caminho prioritário para mitigar riscos, aumentar produtividade e enfrentar os gargalos de mão de obra que limitam o avanço do setor.

2.2. Comparação internacional e contextualização do quadro brasileiro

Quando comparada aos Estados Unidos e à Europa, a construção brasileira se encontra em um estágio caracterizado pela necessidade de um aumento de produtividade, desenvolvimento de inovações, busca de racionalização, padronização a aumento de escala, com sustentabilidade (BNDES, 2009). Diante desse cenário, o setor de construção vem intensificando seu processo de industrialização como forma de se proteger de quadros de inflação atrelados ao alto custo de mão de obra.

Segundo analistas e entidades de classes incorporadoras (CBIC, FGV Ibre e ABDI), a industrialização na construção civil passa a se tornar uma alternativa indispensável, necessário para atender as demandas emergenciais do setor como escassez aguda de mão de obra e redução do impacto ambiental em atividade. Segundo os FGV/Ibre (2024), 64,5% das 510 empresas consultadas já se apropriavam de componentes produzidos em plantas industriais,

posteriormente montados em canteiros de obras. Desse total, metade (50,8%) está relacionada a projetos residenciais; outros 41,2% representam prédios de escritório; e 37,5%, obras de infraestrutura.

Ainda segundo dados da AsBEA-SE (2013), a transformação no setor poderia ser acelerada em razão de um conjunto de fatores: i) avanço da tecnologia ligada à produção, ii) possibilidade de redução de imposto com a reforma tributária e iii) a crescente escassez de novos trabalhadores na construção civil, o que tem levado as incorporadoras a investir em itens pré-fabricados fora da obra. Segundo dados da empresa de engenharia Benx Incorporadora (2013), a empresa não trabalha mais com pedreiros levantando paredes, mas montadores de placas internas e de fachadas, o que permite que com somente dois trabalhadores, uma parede de 120 metros quadrados seja montada por dia. Comparando com o método tradicional, tijolo a tijolo, seriam necessárias quatro pessoas e só chegariam a 80 metros quadrados de parede. Um outro projeto da empresa, na Vila Olímpia, se apropria de uma estrutura 100% metálica para equilibrar um edifício de 16 andares erguido em somente 30 meses (ao invés de 36 gastos no método convencional). Além disso, com a redução no prazo de obra, a construtora consegue absorver o custo extra do material (cerca de 6% mais caro que o concreto).

A crescente adoção de novos métodos de construção tem demandado o desenvolvimento e a aplicação de tecnologias avançadas de gestão, visando acompanhar as mudanças na dinâmica dos processos do setor (CEOTTO, 2021). Em Blumenau (SC), a Senior Sistemas, empresa especializada em soluções de planejamento empresarial, tem observado um aumento na demanda de companhias imobiliárias por ferramentas modernas de gerenciamento (CEOTTO, 2021). Para a empresa, essas tecnologias, muitas vezes baseadas em inteligência artificial, desempenham um papel fundamental na gestão de pessoal, na triagem e contratação de talentos, bem como no gerenciamento de obras e fornecedores, abrangendo etapas que vão desde os pagamentos até a comercialização das unidades. A Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), apresentou que o controle aprimorado dos processos contribui para a redução do desperdício de recursos, como água e energia, além de diminuir a geração de resíduos nas obras. Destaca-se o impacto positivo dessas práticas nas políticas de ESG (ambientais, sociais e de governança) das empresas do setor e menciona o crescimento da adoção de métodos como fachadas pré-fabricadas, banheiros prontos e madeira engenheirada (CBIC, 2024). A pressão gerada pela escassez de mão de obra, combinada às oportunidades tributárias que estão surgindo no país, reforça a tendência de industrialização na construção civil e aponta para um crescimento ainda mais expressivo nos próximos anos.

2.3. Introdução às novas tendências de industrialização no setor

De acordo com Blachere (1977), a industrialização da construção caracteriza-se como um processo repetitivo, no qual a variabilidade inerente às etapas do trabalho artesanal é substituída por níveis previamente definidos de uniformidade e continuidade na execução. Esse padrão é alcançado por meio de operações que podem ser parciais ou totalmente mecanizadas. A industrialização e a pré-fabricação oferecem uma série de benefícios, que vão desde a otimização no uso de recursos até a elevação da qualidade dos produtos. Esse aumento na qualidade ocorre, principalmente, devido ao maior rigor nos processos de controle realizados em ambiente industrial, que tendem a ser mais padronizados e eficientes em comparação aos métodos tradicionais de construção.

Segundo Spadeto (2011), os benefícios da industrialização se baseiam em: i) menor prazo de execução, ii) produção independente de condições climáticas, iii) uso de mão de obra especializada, iv) matéria prima selecionada, v) maior controle de qualidade, vi) maior qualidade e precisão geométrica, vii) menor consumo de materiais e percentual de perdas, viii) maior potencial de desconstrução e ix) maior controle de custo. O conceito de industrialização e pré-fabricação tem passado por adaptações, especialmente para incorporar a dimensão ambiental em sua aplicação. Um exemplo relevante é o termo métodos modernos de construção (MMC), utilizado para descrever práticas construtivas inovadoras que vêm sendo implementadas no Reino Unido. Em 2003, a Housing Corporation (UK) desenvolveu um sistema de classificação voltado à construção no setor habitacional, o qual posteriormente foi ampliado para englobar outros tipos de edificações.

De acordo com o Parlamento Inglês, os métodos modernos de construção (MMC) abrangem a fabricação de edificações inteiras em ambiente industrializado, proporcionando diversos benefícios potenciais. Entre esses, destacam-se a maior rapidez na execução das obras, a redução de defeitos construtivos e o menor consumo de recursos naturais, como energia e água, além de uma significativa diminuição na geração de resíduos (PARLIAMENTARY OFFICE SCIENCE AND TECHNOLOGY, 2003).

Entre os principais produtos desenvolvidos no âmbito dos MMC, destacam-se os painéis e os módulos:

Os Painéis compreendem elementos prontos, como paredes, pisos e telhados, que

são transportados até o local da obra e rapidamente montados, muitas vezes no período de um único dia. Alguns desses painéis já incluem instalações embutidas, o que acelera ainda mais o processo construtivo. Enquanto os Módulos consistem em cômodos completamente finalizados, que podem ser combinados para formar conjuntos maiores, como habitações inteiras ou apartamentos. Esses módulos são particularmente utilizados em áreas úmidas, como banheiros e cozinhas.

A adoção de painéis e módulos dentro dos Métodos Modernos de Construção (MMC) ilustra como diferentes países têm avançado rumo à industrialização da construção por meio de processos padronizados e produção off-site. Embora o conceito de MMC seja amplamente difundido no cenário internacional, especialmente no Reino Unido, no Brasil a industrialização do setor segue uma classificação própria e consolidada, estruturada em ciclos que refletem o nível de transferência das atividades do canteiro para ambientes industriais. Assim, a partir dessa discussão sobre sistemas industrializados e componentes pré-fabricados, torna-se pertinente apresentar como a literatura brasileira categoriza a industrialização da construção civil.

A industrialização no setor da construção pode ser classificada em três categorias principais: ciclo fechado, ciclo aberto e ciclo flexibilizado, cada uma com características e aplicações específicas que refletem os avanços no uso de tecnologias e a integração de sistemas construtivos. Na industrialização de ciclo fechado, grande parte das operações é transferida do canteiro de obras para unidades industriais, permitindo uma maior aplicação de princípios de organização e controle da produção. Nesse modelo, frequentemente são utilizados elementos estruturais, como grandes painéis ou componentes não intercambiáveis, cuja produção é direcionada exclusivamente para atender às demandas específicas de um determinado projeto ou empresa (BARBOSA, 2005).

Por outro lado, a industrialização de ciclo aberto, conforme definido por Bruna (1976), caracteriza-se pela fabricação de componentes padronizados destinados a um mercado mais amplo e não apenas às necessidades de uma única empresa. Esses elementos possuem maior flexibilidade, sendo projetados para serem compatíveis com componentes de diversos fabricantes. A modulação e a padronização desempenham papel fundamental ao garantir a interoperabilidade entre elementos e subsistemas, permitindo sua utilização em diferentes tipologias arquitetônicas. Segundo Ferreira (2003) apud Serra et al. (2005), essa abordagem teve origem na Europa, com a proposta de fabricar componentes pré-fabricados padronizados que pudessem ser combinados em variados projetos.

Elliot (2002) propõe uma terceira categoria, denominada ciclo flexibilizado, que

representa uma evolução nos sistemas industrializados. Esse modelo tem sido aplicado nos últimos anos na Europa, caracterizando-se pelo alto grau de especificação e pela capacidade de adaptar componentes, sistemas e projetos a diferentes tipologias arquitetônicas. Os elementos pré-moldados nesse sistema permitem acabamentos de alta qualidade e flexibilidade na concepção arquitetônica. Um exemplo é o uso de componentes estruturais de concreto armado ou protendido, que podem ser combinados com outros materiais, como aço e alvenaria de blocos, para formar estruturas híbridas ou mistas, amplamente empregadas em edificações industriais, comerciais e de infraestrutura.

No contexto brasileiro, verifica-se um crescimento gradual na integração de sistemas construtivos que possibilitam flexibilidade em termos de formas e soluções logísticas. No entanto, desafios ainda persistem, especialmente no que se refere à modulação. A consolidação da industrialização no setor da construção depende de avanços nessa área, o que permitirá um melhor desempenho e maior eficiência no processo de produção de edificações.

A relação entre o produto da edificação e o processo de execução é interdependente e só pode ser efetivamente realizada por meio da normalização e organização, como afirmado por Rosso (1990). A normalização é um aspecto essencial para a industrialização, especialmente no modelo de ciclo aberto. Para que fornecedores de componentes e elementos de qualquer setor da indústria consigam atender a seus clientes, é necessário que sigam padrões estabelecidos, como as medidas baseadas na coordenação modular.

De acordo com Barbosa e Qualharini (2005), a simples introdução de componentes pré-fabricados, sem a utilização dos conceitos de coordenação modular, pode levar a um caos na obra, devido à falta de padronização das medidas, da definição de um módulo de referência e da ausência de detalhes de conexão adequados. Por isso, é fundamental aplicar princípios de racionalização construtiva, com foco na coordenação modular do projeto e na padronização dos componentes e sistemas construtivos.

Ferramentas modernas como a Modelagem da Informação da Construção (BIM) desempenham um papel importante no desenvolvimento da industrialização da construção, principalmente nas fases de projeto e especificação. O BIM substitui os desenhos bidimensionais por modelos tridimensionais que contêm informações detalhadas sobre o ciclo de vida de um edifício, desde a concepção até a operação, sendo um modelo paramétrico, integrado e passível de simulação (ASBEA, 2013). Em conjunto com o BIM, a Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) pode ser aplicada para avaliar o perfil ambiental de produtos e processos, facilitando a tomada de decisões econômico-ambientais.

A coordenação modular, conforme definida pela ABNT NBR 15873 (2010), é a aplicação de um módulo básico ou multimódulo no projeto, garantindo que as medidas sejam compatíveis com o processo de montagem. Ribeiro (2002) reforça que a coordenação modular é uma ferramenta essencial para a sistematização da industrialização na construção, sendo uma base matemática que relaciona as medidas de projeto com as medidas modulares. Além disso, a coordenação modular traz benefícios significativos, ampliando as alternativas de soluções construtivas no projeto e otimizando a produtividade e a logística na execução da obra.

Para a coordenação modular, são necessários elementos como o reticulado modular de referência, o módulo padrão (geralmente de 10 cm) e o ajuste modular, que considera a tolerância nas medidas dos componentes. Lucini (2001) define modulação como um sistema de referência dimensional que organiza as técnicas construtivas e o uso de componentes em projeto e obra, e Greven (2000) a descreve como a ordenação dos espaços na construção civil. A coordenação modular tem qualificado a indústria da construção em diversos países, e no Brasil, sua adoção é essencial para atender a questões econômicas e de sustentabilidade. Estudo da ABDI publicado em 2010 identificou que, embora a coordenação modular fosse utilizada em setores como blocos de concreto e painéis de gesso, sua aplicação era limitada, com a necessidade de mais adesão em outros segmentos. Conclui-se que a racionalização, assim como a industrialização, exige mudanças profundas no setor da construção, sendo necessário o apoio de ações institucionais, como a adoção da normalização e padronização.

2.3.1. A ótica tributária na construção civil

Devido à natureza fabril dos sistemas industrializados, os elementos são comercializados como produtos e, portanto, estavam sujeitos a tributações específicas. Uma das mudanças mais relevantes trazidas pela reforma tributária de 2024 é a extinção da diferenciação tributária entre produtos e serviços, independentemente de serem fabricados dentro ou fora do canteiro de obras. Atualmente, impostos como o IPI (Imposto sobre Produtos Industrializados), o ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços) e o ISS (Imposto sobre Serviços) são aplicados de maneira distinta, o que resulta em um ambiente fiscal complexo e desafiador para os agentes do setor. Com a implementação das novas regras, essa diferenciação será eliminada, estabelecendo uma tributação uniforme, independentemente do sistema construtivo empregado. A reforma tributária no Brasil apresenta um potencial transformador para o setor de construção *off-site*, com implicações

que podem revolucionar o modelo de produção industrializado e contribuir para a modernização da construção civil.

O principal destaque da reforma está na simplificação do sistema tributário, por meio da unificação de tributos como PIS, Cofins, IPI, ICMS e ISS em um único imposto sobre valor agregado (IVA dual). Essa medida reduz a complexidade do atual regime, promovendo um ambiente de negócios mais previsível e com menor custo de conformidade, especialmente relevante para um setor que opera com cadeias produtivas distribuídas e integradas (BRASIL, 2023; MINISTÉRIO DA FAZENDA, 2023). Outro aspecto relevante é a ampliação dos créditos tributários sobre insumos adquiridos. Na construção off-site, que utiliza intensivamente materiais industriais como aço, concreto pré-fabricado e componentes modulares, essa medida pode reduzir significativamente os custos de produção. Essa nova estrutura tributária permite maior competitividade ao setor, viabilizando tanto a produção em larga escala quanto a redução dos preços finais, o que é crucial para atender às demandas por habitação e infraestrutura. Além disso, o incentivo à industrialização que emerge da reforma é particularmente benéfico para a construção off-site, que opera em fábricas, eliminando diversas ineficiências associadas ao canteiro de obras tradicional.

A eliminação da guerra fiscal entre estados e municípios, por sua vez, promove maior uniformidade nas regras tributárias e reduz as incertezas relacionadas às operações logísticas, facilitando o transporte de módulos e pré-fabricados entre diferentes regiões. Outro ponto de destaque é a sustentabilidade do modelo *off-site*, que gera menos resíduos, consome menos energia e promove práticas ambientalmente responsáveis. A reforma tributária pode fomentar ainda mais esse aspecto ao criar incentivos fiscais para empresas que adotem práticas sustentáveis, agregando valor competitivo em projetos voltados para critérios ESG (Ambiental, Social e Governança). Por fim, ao alinhar o sistema tributário brasileiro a padrões internacionais, a reforma diminui o chamado "Custo Brasil" e fortalece a capacidade do setor de construção off-site de competir globalmente. Essa integração com cadeias produtivas internacionais pode impulsionar o desenvolvimento de soluções inovadoras e abrir novas oportunidades de exportação (BRASIL, 2023; CNI, 2023; FGV IBRE, 2024). O termo “Custo Brasil” refere-se ao conjunto de ineficiências estruturais que encarecem a produção no país, incluindo complexidade tributária, burocracia excessiva, baixa produtividade, desigualdade logística entre regiões e insegurança jurídica. Essas limitações elevam significativamente os custos operacionais das empresas, reduzem a competitividade internacional e restringem a capacidade do setor de alinhar-se às cadeias globais de valor. No caso da construção civil, especialmente aquela baseada em processos

industrializados e off-site, o Custo Brasil se manifesta na forma de encarecimento do transporte de módulos e pré-fabricados, dificuldades de planejamento devido à instabilidade regulatória, custos elevados de conformidade tributária e atrasos logísticos causados por infraestrutura desigual entre estados. Ao reduzir essas distorções, a reforma tributária contribui para um ambiente de negócios mais eficiente, previsível e competitivo, ampliando o potencial do setor para inovar, integrar-se a mercados internacionais e expandir a adoção de tecnologias industrializadas.

O setor imobiliário abrange atividades industriais e de serviços, cada uma submetida a regulamentações e impactos tributários distintos, caracterizados por falta de coerência e uniformidade. Determinado cenário obriga as empresas a se adaptarem a diferentes regimes fiscais, que carecem de racionalidade e eficiência, reflexo de um sistema tributário nacional historicamente desprovido dessas qualidades (GONÇALVES, 2022).

Nesse contexto, as empresas buscaram estratégias de sobrevivência, criando a percepção de vantagens em opções fiscais aparentemente simples, como o regime cumulativo de PIS/COFINS, o Regime Especial de Tributação (RET) e a divisão entre tributos municipais (ISS) e estaduais (ICMS). No entanto, essas escolhas, frequentemente ilusórias, não trouxeram benefícios reais à gestão fiscal ou à precificação técnica de produtos imobiliários, como unidades residenciais, comerciais ou serviços de construção e locação.

Gonçalves (2022) argumenta que essa simplificação aparente gerou um efeito inibidor nas cadeias produtivas do setor, desestimulando inovações e o aprimoramento da gestão fiscal e da precificação. Assim, a diferença entre uma gestão fiscal sofisticada e uma abordagem rudimentar tornou-se praticamente irrelevante no mercado, equiparando empresas com planejamentos detalhados àquelas com controles manuais básicos.

Conclusivamente, com a nova reforma tributária, o tradicional 2,08% de dedução de imposto (PIS/COFINS) será substituída pelo IVA (Imposto sobre Valor Agregado) no valor de ~26,5% (IBS + CBS). De acordo com o último texto da reforma (oficializado em janeiro de 2025), o setor de construção civil contará com um redutor de 50% na sua base do IVA, o que indica um imposto de ~13,3% para o setor a partir da implementação da lei. Ao desconsiderar a variável sistema construtivo, determinada mudança continua apresentando impactos negativos para todo setor, porém torna-se ainda pior para as construtoras de baixa renda limitadas aos repasses de preço. A Figura 8 apresenta uma comparação na base tributária para o setor, seguida pela base de cálculo na Figura 9.

A Figura 8 apresenta uma comparação direta entre a base tributária aplicada ao VGV (Valor Geral de Vendas) no sistema atual e no modelo proposto pela reforma tributária. No

cenário pré-reforma, a tributação sobre o VGV ocorre essencialmente por meio de PIS e COFINS, resultando em uma alíquota efetiva de aproximadamente 2,08%, sem créditos relevantes ao longo da cadeia. Já no sistema pós-reforma, observa-se a substituição desses tributos pelo IVA dual (IBS + CBS), cuja alíquota total estimada é de 26,5%, mas com um redutor de 50% específico para o setor da construção civil, reduzindo a tributação efetiva para cerca de 7,95% sobre a receita tributável. Quando considerados os créditos acumulados ao longo da cadeia, o imposto efetivo pós-créditos se torna negativo (-6,8%), o que pode gerar saldo credor ou redução relevante do custo tributário por unidade vendida. Assim, a figura evidencia como a reforma altera de forma estrutural a base tributária e o cálculo do imposto, trazendo impactos distintos para diferentes modelos construtivos.

Figura 8: Comparação na base de imposto tributável sobre o VGV pré e pós-reforma

R\$ mil	Pré reforma		Pós reforma
Cálculo do imposto	Pré reforma	Cálculo do imposto	Pós reforma
Preço da venda bruta (VGV Bruto)	250	Preço da venda bruta (VGV Bruto)	250
Redutor social		Redutor Social (R\$100 mil)	-100
Base tributável	250	Base tributável	150
PIS/COFINS (%)	2,08%	VAT (%)	13,25%
PIS	0,37%	IBS	17,70%
COFINS	1,71%	CBS	8,80%
Redutor de receita		Redutor de receita	50,00%
Receita tributável	5	Receita tributável	20
Taxa de imposto	2,08%	Taxa de imposto	7,95%
Total de créditos acumulados na cadeia		Total de créditos acumulados na cadeia	-37
Imposto efetivo pós créditos	5	Imposto efetivo pós créditos	-17
Taxa de imposto efetivo pós créditos	2,08%	Taxa de imposto efetivo pós créditos	-6,8%
Preço de venda líquido (VGV líquido)	245	Preço de venda líquido (VGV líquido)	250

Fonte: Elaboração própria

A Figura 9 detalha como a reforma tributária altera a base de cálculo do imposto ao longo da cadeia produtiva da construção civil. No cenário pré-reforma, observa-se que os custos dos principais insumos, como aço, concreto, mão de obra própria, mão de obra terceirizada e demais materiais, compõem uma base tributável sobre a qual incide uma taxa efetiva de 13%, resultando em créditos acumulados relativamente baixos (-16).

Já no regime pós-reforma, a lógica de cálculo muda de forma significativa: a mesma estrutura de custos passa a gerar créditos maiores (-37), devido à possibilidade ampliada de aproveitamento dos impostos pagos na cadeia e à incidência do IVA dual (IBS + CBS) sobre

etapas intermediárias.

Além disso, o tratamento tributário do terreno também sofre alterações, com dedução distinta e inclusão de tributos como IPTU, ITBI e outorga, o que modifica a composição final da base tributável. Assim, a figura evidencia que o impacto da reforma não depende apenas da alíquota, mas da forma como créditos e débitos se acumulam ao longo da cadeia, reforçando que empresas com maior padronização, industrialização e uso intensivo de insumos tendem a capturar benefícios maiores no novo modelo.

Figura 9: Base de cálculo

Cálculo do crédito de imposto	Pré reforma	Cálculo do crédito de imposto	Pós reforma
Margem bruta (%)	30,00%	Margem bruta (%)	30,00%
Custos totais (%)	70,00%	Custos totais (%)	70,00%
Base tributável	-171	Base tributável	-175
Terreno	-30	Terreno	-30
Custos totais com impostos	-141	Custos totais com impostos	-158
Aço	-21	Aço	-24
Concreto	-11	Concreto	-13
Mão de obra própria	-7	Mão de obra própria	-8
Mão de obra terceirizada	-47	Mão de obra terceirizada	-52
Outros	-55	Outros	-62
Custos totais líquidos impostos	-125	Custos totais líquidos impostos	-125
Aço	-19	Aço	-19
Concreto	-10	Concreto	-10
Mão de obra própria	-6	Mão de obra própria	-6
Mão de obra terceirizada	-41	Mão de obra terceirizada	-41
Outros	-49	Outros	-49
Taxa de imposto da cadeia	13,0%	Taxa de imposto da cadeia	26,5%
Imposto acumulado na cadeia	-16	Imposto acumulado na cadeia	-33
Terreno como % do VGV bruto	12,0%	Terreno como % do VGV bruto	12,0%
Custo do terreno	30	Custo do terreno	30
Dedutor de terreno		Dedutor de terreno	-28
IPTU +ITBI + Outorga		IPTU +ITBI + Outorga	8,0%
Imposto acumulado no terreno	-4	Imposto acumulado no terreno	-4
Total de créditos acumulados	-16	Total de créditos acumulados	-37

Fonte: Elaboração própria

Segundo Gonçalves (2022, diferentemente dos setores de comércio e indústria, que terão uma simplificação tributária substancial, o setor imobiliário enfrentará maior complexidade fiscal. Ele considera equivocada a visão de que o atual sistema tributário do setor, composto por ISS, ICMS, IPI, PIS e COFINS, seja simplificado ou resulte em uma carga tributária baixa. Tal percepção desconsidera o impacto cumulativo dos tributos ao longo da extensa cadeia produtiva imobiliária. Na construção civil, é destacado que o atual sistema desestimula avanços tecnológicos e eficiência, pois a tributação incide sobre a receita bruta. No novo modelo, o creditamento total de materiais e serviços intermediários incentivará inovações e premiará empresas focadas em eficiência. A escolha de fornecedores

passará a considerar o crédito tributário gerado, além do preço, promovendo negociações mais transparentes e reduzindo práticas de sonegação ou regimes tributários artificiais.

Para a incorporação imobiliária e os loteamentos, Gonçalves (2022) prevê impactos ainda mais expressivos, com a introdução do redutor de ajuste. Esse mecanismo abrange custos como aquisição de terrenos, regularização e licenças, exigindo maior rigor na estruturação e declaração desses valores, que influenciarão diretamente o Imposto sobre Bens e Serviços (IBS) e a Contribuição sobre Bens e Serviços (CBS).

Dada a duração dos ciclos produtivos do setor, Gonçalves alerta que é essencial que as empresas compreendam desde já essas mudanças, pois decisões atuais, como a aquisição de áreas, terão reflexos nas vendas futuras sob o novo regime. A adaptação exigirá uma reestruturação completa dos processos produtivos, com foco no mapeamento detalhado dos custos fiscais de toda a cadeia.

Gonçalves (2022) conclui que empresas que investirem em gestão qualificada e sistemas integrados nas áreas contábil, fiscal e comercial terão vantagens competitivas significativas. A eficiência na especificação técnica será determinante para o desempenho no mercado, criando diferenciais que podem gerar profundas desigualdades entre aquelas que se preparam adequadamente e as que não aproveitarem o período de transição.

3. METODOLOGIA

Este capítulo apresenta os procedimentos metodológicos adotados na pesquisa, descrevendo o tipo de estudo, o delineamento utilizado, as técnicas de coleta e análise de dados, bem como as justificativas para a escolha desses métodos. É explicitado de maneira clara e estruturada como a investigação foi conduzida, garantindo transparência, rigor científico e alinhamento entre os objetivos propostos, o referencial teórico e os resultados apresentados nos capítulos seguintes.

3.1. Tipo de pesquisa

Esta pesquisa adota a abordagem de uma simulação de cenários, com caráter exploratório e descritivo, visando analisar os impactos operacionais e financeiros da industrialização no setor da construção civil brasileira em cenários inflacionários. A simulação foi escolhida por permitir uma análise aprofundada de fenômenos complexos em um contexto específico, neste caso, o setor da construção civil no Brasil, com foco em empresas que adotam processos industrializados em comparação com métodos tradicionais.

A pesquisa científica exige a adoção de procedimentos metodológicos coerentes com seus objetivos e com a natureza do fenômeno investigado, garantindo rigor lógico e validade dos resultados (VERA, 1992). No presente estudo, optou-se pela realização de uma simulação voltada para diferentes cenários, abordagem indicada quando se busca compreender, de forma aprofundada, fenômenos complexos inseridos em um contexto específico (YIN, 2001).

Do ponto de vista metodológico, a pesquisa apresenta caráter exploratório e descritivo. A abordagem exploratória é apropriada em situações nas quais o tema ainda carece de investigações consolidadas e quando se pretende ampliar a compreensão inicial sobre determinado fenômeno (SAMPLIERI, 2006). Já a abordagem descritiva permite observar, caracterizar e detalhar sistematicamente os aspectos operacionais e financeiros analisados, possibilitando identificar padrões e comportamentos relevantes dentro do setor estudado. A combinação dessas duas abordagens garante profundidade analítica e clareza na descrição dos processos, contribuindo para uma compreensão mais precisa dos impactos da industrialização na construção civil brasileira.

3.2. Coleta de dados

A coleta de dados desta pesquisa combinou fontes secundárias e primárias, com o objetivo de construir uma análise abrangente e fundamentada sobre a industrialização na construção civil. Os dados secundários foram obtidos por meio de uma revisão bibliográfica de literatura acadêmica e técnica, incluindo livros, artigos científicos, relatórios setoriais e publicações de instituições especializadas, como o Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON) e a Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (ASBEA). Também foram analisados relatórios financeiros e operacionais de construtoras e incorporadoras listadas na B3, bem como divulgações trimestrais de 2024 e 2025, que destacam a escassez de mão de obra e seus impactos sobre margens e cronogramas. Complementarmente, foram utilizados dados do Índice Nacional de Custo da Construção (INCC), disponibilizados pela Fundação Getúlio Vargas (FGV), para avaliar a evolução dos custos do setor em contextos inflacionários.

No que diz respeito aos dados primários, a pesquisa utilizou entrevistas semiestruturadas conduzidas com gerentes de Relações com Investidores de empresas do setor, a fim de compreender estratégias adotadas para mitigar os efeitos da inflação e da escassez de trabalhadores, com foco em temas como adoção de tecnologias industrializadas, gestão de custos e planejamento operacional. Além disso, foram analisados estudos de caso de projetos que implementaram processos industrializados — incluindo uso de pré-moldados, automação e montagem off-site — em comparação com projetos executados por métodos tradicionais, observando indicadores operacionais, como produtividade e tempo de execução, e indicadores financeiros, como receita, fluxo de caixa e Taxa Interna de Retorno (TIR). Essa combinação de fontes possibilitou uma visão integrada dos impactos operacionais e financeiros da industrialização no setor da construção civil.

3.3. Procedimento de análise

O estudo concentra-se no setor da construção civil no Brasil, com ênfase em projetos habitacionais e comerciais realizados nos últimos anos. A análise considera cenários inflacionários, medidos pelo Índice Nacional de Custo da Construção (INCC), e aborda os desafios relacionados à escassez de mão de obra qualificada e não qualificada. Foram, que operam em diferentes regiões do país, com foco em projetos que utilizam técnicas industrializadas, como pré-moldados e automação.

A análise dos dados foi realizada em três etapas complementares, combinando abordagens qualitativas, quantitativas e comparativas. A primeira etapa consistiu em uma análise qualitativa, na qual os dados obtidos nas entrevistas foram categorizados para identificar padrões relacionados aos principais desafios operacionais e às estratégias adotadas pelas empresas para ampliar a industrialização de seus processos produtivos. Paralelamente, foram revisados relatórios setoriais e financeiros, permitindo contextualizar os efeitos da inflação e compreender como o ambiente macroeconômico influenciou o comportamento das empresas analisadas.

Na segunda etapa, foi conduzida uma análise quantitativa. Nessa fase, empregou-se o método *Percentage of Completion* (POC) para avaliar o reconhecimento de receita ao longo da execução das obras e mensurar seus impactos financeiros. Também foram calculadas as Taxas Internas de Retorno (TIR) dos projetos, a fim de comparar a rentabilidade entre métodos construtivos industrializados e tradicionais sob diferentes cenários inflacionários. Adicionalmente, foram construídas curvas de fluxo de caixa baseadas nos ritmos de construção apresentados nas figuras do estudo, possibilitando examinar como a produtividade e a inflação afetam o desempenho financeiro. Modelos estatísticos simples, como regressão linear, também foram utilizados para explorar possíveis correlações entre a variação do INCC e variáveis operacionais, como tempo de obra e custo da mão de obra.

Por fim, realizou-se uma etapa de comparação de cenários, contemplando a análise conjunta de projetos que utilizam métodos industrializados e projetos tradicionais. Essa comparação permitiu avaliar diferenças em indicadores como tempo de execução, eficiência operacional e rentabilidade. Além disso, foram simulados cenários inflacionários com base nas séries históricas do INCC, possibilitando examinar como a inflação altera a estrutura de custos e a viabilidade financeira dos projetos analisados. Essa combinação de técnicas forneceu uma visão integrada dos impactos operacionais e econômicos da industrialização na construção civil.

Além dos procedimentos metodológicos descritos, a análise contou com o apoio de ferramentas computacionais e recursos de modelagem financeira. Foram utilizados softwares como o Microsoft Excel para organização das bases de dados, simulações numéricas e construção dos modelos financeiros aplicados. Esses modelos, fundamentados na Taxa Interna de Retorno (TIR) e no método *Percentage of Completion* (POC), permitiram mensurar o desempenho financeiro dos projetos em diferentes cenários operacionais e inflacionários.

4. CONTEXTUALIZAÇÃO

Este capítulo apresenta o desenvolvimento da pesquisa, reunindo a análise dos dados coletados e a aplicação dos modelos operacionais e financeiros descritos na metodologia. Inicialmente, são discutidos os resultados provenientes da revisão setorial e dos indicadores econômicos, destacando a evolução da inflação na construção civil e seus efeitos sobre os principais custos do setor. Em seguida, são analisados os cenários operacionais e as estratégias de industrialização adotadas pelas empresas, com base em estudos de caso, entrevistas e dados financeiros. Por fim, são comparados os desempenhos de projetos executados por métodos tradicionais e industrializados, considerando produtividade, tempo de obra, margem e rentabilidade em diferentes cenários inflacionários.

4.1. Sondagem da construção

Segundo a sondagem da construção em sistemas industrializados realizada pela FGV em outubro de 2024, 64,5% das empresas emprega sistemas industrializados em seus canteiros de obras. Dentre essas empresas, construtoras com mais de 1000 pessoas ocupadas fazem mais uso dos sistemas:

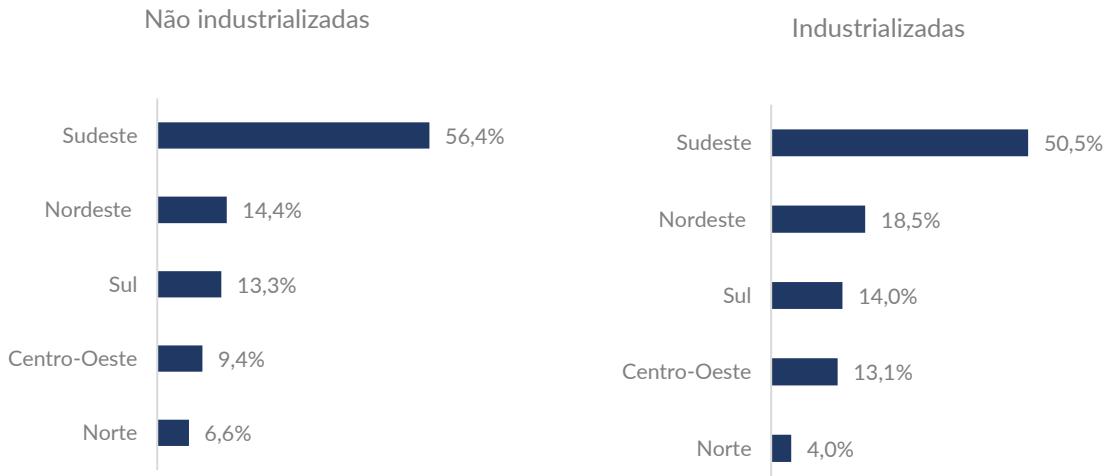
Figura 10: Sondagem de empresas utilizando sistemas produtivos por porte (número de lançamentos e VGV)

Porte	Sim/em parte	Não
Até 29	61,2%	38,8%
De 30 a 99	65,4%	34,6%
De 100 a 499	66,0%	34,0%
De 500 a 999	54,5%	45,5%
A partir de 1000	72,1%	27,9%

Fonte: FGV

Analizando geograficamente a distribuição da industrialização no setor, a região sudeste é a região que mais se destaca no país, concentrando 56,4% das empresas adotando os sistemas construtivos focados em industrialização. Ao mesmo tempo, se trata da região que mais concentra companhias que não estão utilizando determinados modelos. A Figura 11 apresenta a sondagem de empresas que não utilizam sistemas produtivos por região:

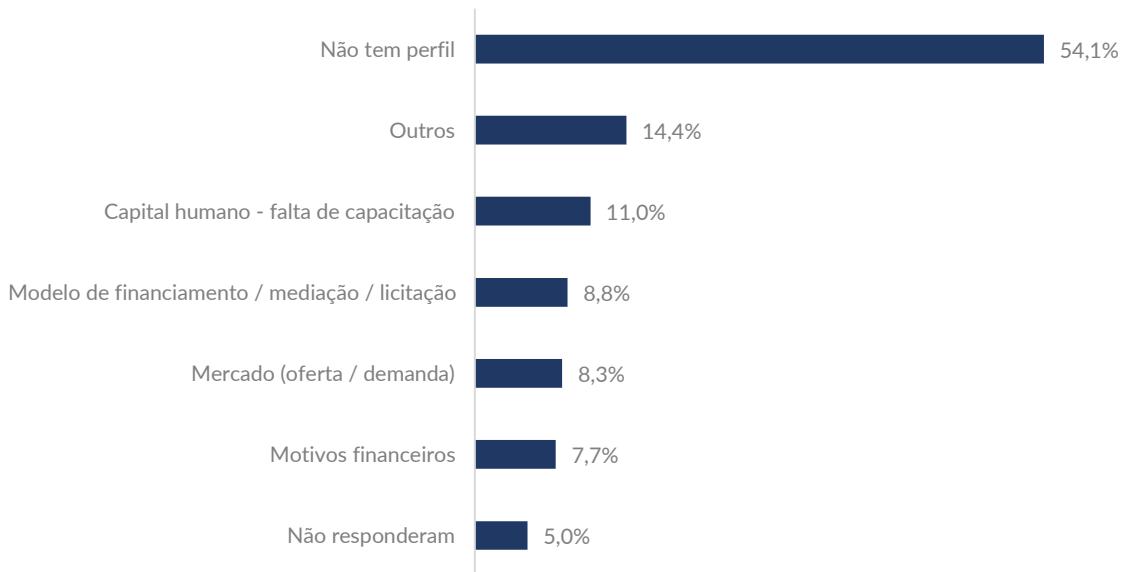
Figura 11: Sondagem de empresas que não utilizam sistemas produtivos por região



Fonte: FGV

Entre as motivações para não adotar os modelos construtivos, a “falta de perfil” se destaca entre as demais, com 54,1% dos votos. Dentre outros motivos, a “falta de capacitação de capital humano” se demonstra bem relevante (11,0% dos entrevistados). Motivos como modelo de financiamento/mediação/licitação também foram mencionados.

Figura 12: Sondagem de empresas que não estão utilizando sistemas produtivos - Motivações



Fonte: FGV

Das empresas estudadas, 58,4% das empresas mencionam que os sistemas utilizados são empregados em no máximo 50% de suas obras. Por outro lado, apenas cerca de 24% utilizam os sistemas em mais de 75% de suas obras, como mostra a Figura 13:

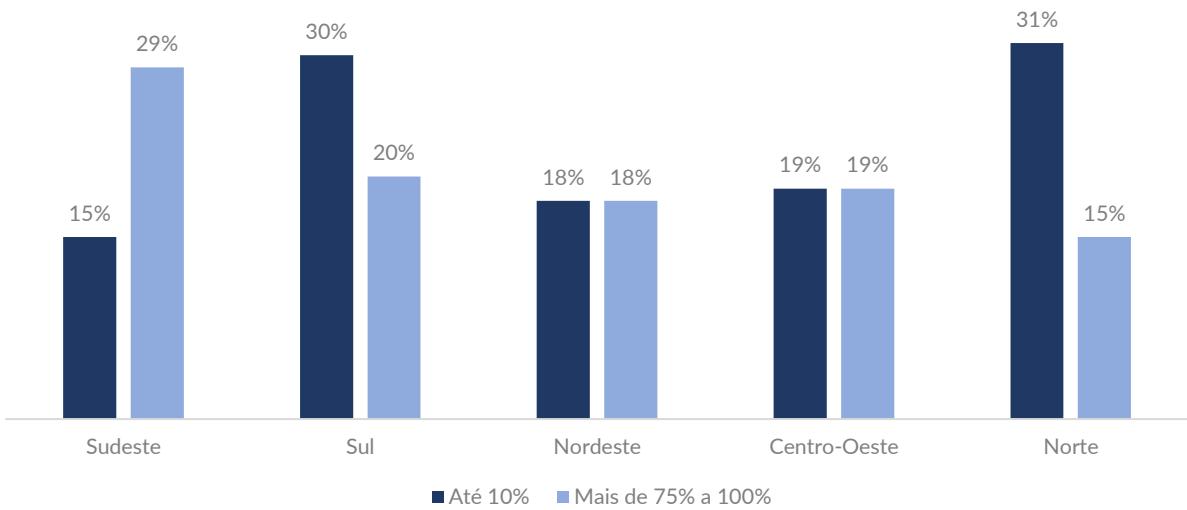
Figura 13: Sondagem de empresas utilizando sistemas produtivos – percentual



Fonte: FGV

Dentro desse aspecto, a região sudeste novamente se destaca entre as regiões com a maior proporção de empresas utilizando sistemas industrializados em mais de 75% das obras e o menor percentual com apenas 10% das obras.

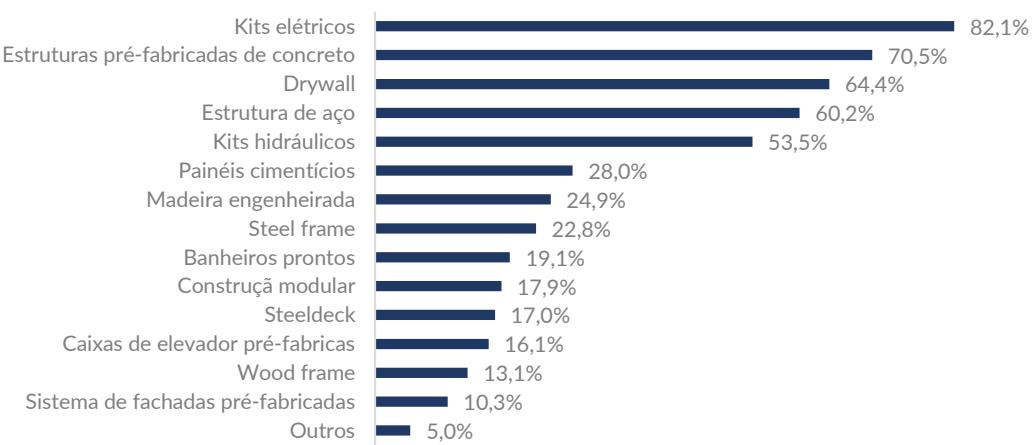
Figura 14: Sondagem de empresas utilizando sistemas produtivos – percentual de obras entre regiões



Fonte: FGV

Entre os tipos de sistemas industrializados utilizados, kit elétricos, estruturas pré-fabricadas de concreto e *drywall* foram as principais metodologias mencionadas pelas construtoras.

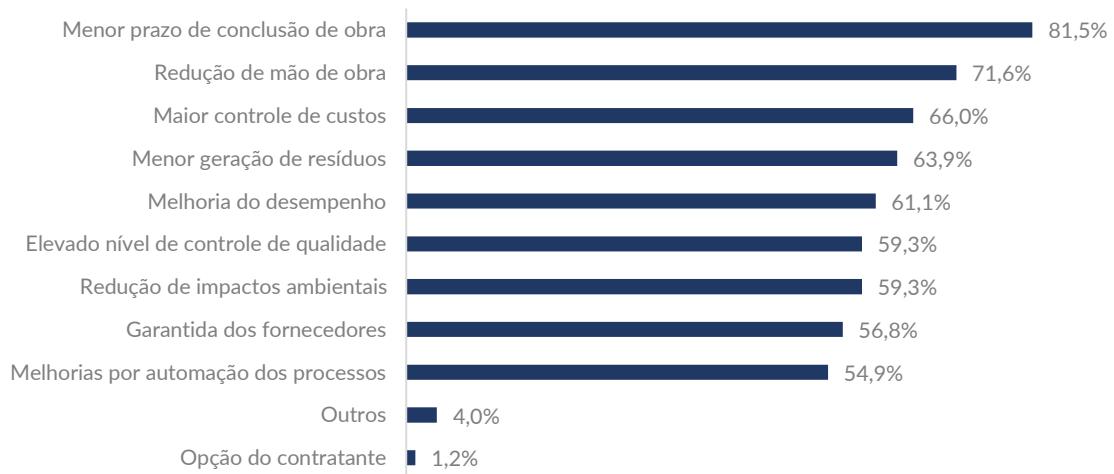
Figura 15: Sondagem de empresas utilizando sistemas produtivos – tipos de sistemas industrializados



Fonte: FGV

Entre as motivações para adotar os modelos construtivos, o “menor prazo de conclusão de obra” se destaca entre as demais, com 81,5% dos votos. Dentre outros motivos, a “redução do uso de mão de obra no canteiro” também se demonstra bem relevante (71,6% dos entrevistados). Motivos como modelo de maior controle de custo e menor geração de resíduos também se mostraram importantes para as empresas industrializadas.

Figura 16: Sondagem de empresas utilizando sistemas produtivos – motivações



Fonte: FGV

Dentre as dificuldades encontradas no processo, a “falta de mão de obra especializada” se destaca disparadamente com 50,5% das respostas. A “falta de capacitação dos projetistas” e a tributação mais alta em relação ao sistema convencional” também são temas relevantes que preocupam as empresas em sua industrialização. Segundo a FGV, a

capacitação de projetistas e dos próprios gestores completam um quadro que aponta a necessidade de formação de pessoas no sentido mais amplo.

Figura 17: Sondagem de empresas utilizando sistemas produtivos – dificuldades



Fonte: FGV

Em termos de perspectivas futuras, todos os grupos possuem um saldo positivo em relação a sua intenção de expansão da industrialização em suas obras. Determinado fenômeno, sugere uma melhora na disseminação da industrialização no setor da construção civil nos próximos 12 meses.

Figura 18: Sondagem do uso de sistemas industrializados nos próximos 12 meses em relação ao período anterior – porte

Porte	Aumentará	Estavél	Reduzirá	Saldo
Até 10%	24,0%	65,0%	11,0%	13,0%
Entre 10% e 25%	27,0%	58,0%	15,0%	12,0%
Entre 25% e 50%	49,0%	35,0%	16,0%	33,0%
Entre 50% e 75%	43,0%	47,0%	10,0%	33,0%
Entre 75% e 100%	44,0%	52,0%	4,0%	40,0%
Total	38,0%	51,0%	11,0%	27,0%

Fonte: FGV

Dentre as regiões, a que mais destaca com saldo esperado de crescimento é a região norte com 46%. Apesar de já ser uma região forte em industrialização, a região sudeste lidera o ranking com 31% de saldo de expectativa de crescimento.

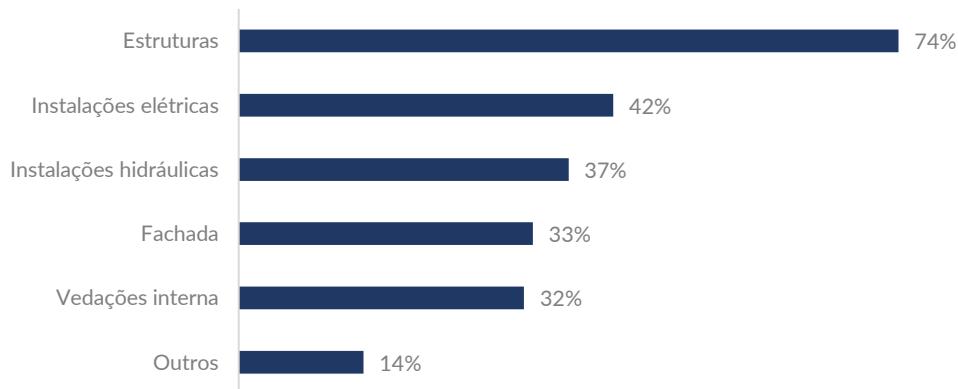
Figura 19: Sondagem do uso de sistemas industrializados nos próximos 12 meses em relação ao período anterior – região

Região	Aumentará	Estável	Reduzirá	Saldo
Sudeste	38,0%	55,0%	7,0%	31,0%
Sul	36,0%	51,0%	13,0%	23,0%
Nordeste	39,0%	46,0%	15,0%	24,0%
Centro-Oeste	35,0%	47,0%	19,0%	16,0%
Norte	54,0%	38,0%	8,0%	46,0%
Total	38,0%	51,0%	11,0%	27,0%

Fonte: FGV

Das companhias 74% destacaram que aumentarão a participação da industrialização em seus métodos construtivos, investindo em estrutura, seguido de instalações elétricas (42%) e instalações hidráulicas (37%).

Figura 20: Sondagem do uso de sistemas industrializados nos próximos 12 meses em relação ao período anterior - partes



Fonte: FGV

4.1.1. Exemplo de empresas que utilizam industrialização: Alea

Um dos principais expoentes de industrialização no setor é a Alea, subsidiária da construtora Tenda, criada em 2021 com o objetivo de expandir a atuação da empresa por meio da construção off-site. Esse método consiste na produção de unidades habitacionais em ambiente fabril, realizando apenas a montagem no canteiro de obras. A tecnologia utilizada é a de painéis de *wood-frame*, onde as paredes são compostas por multicamadas que garantem alto desempenho e conforto termoacústico superior às construções tradicionais de alvenaria. A construção *off-site* permite que a Alea opere com eficiência em cidades pequenas e médias do país, já que a demanda mínima produtiva passa a ser global, em vez de local. As casas são padronizadas com 47 m², distribuídas em 2 quartos, sala, cozinha e banheiro, e são montadas dentro de condomínios fechados com conceito urbanístico.

diferenciado. O nome Alea remete a alamedas arborizadas que se conectam a uma praça central, criando um senso de comunidade entre os moradores.

Como parte de seu modelo de negócios, a Alea possui uma fábrica na cidade de Jaguariúna (SP), onde produz os painéis de *wood-frame* que são transportados para os canteiros de obras e montados com auxílio de guindastes sobre a fundação previamente realizada. Esse processo permite a montagem de até quatro casas inteiras em um único dia de trabalho, agilizando significativamente o andamento das obras em comparação aos métodos construtivos tradicionais.

No começo de 2025, a empresa apresentou os resultados desse modelo através do “Tenda Day 2024”, onde um dos maiores destaques se embasou na curva de casas produzidas na fábrica, atingindo o centro da meta estabelecido pela companhia de ~1.500 casas produzidas.

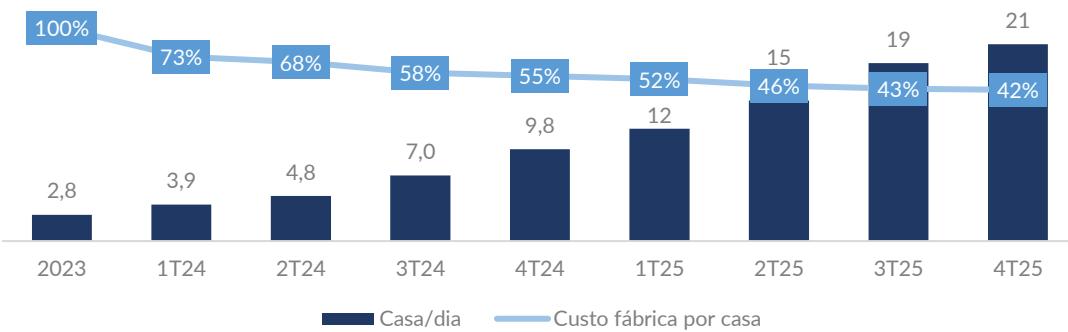
Figura 21: Alea – Casas produzidas (uhs) x custo de fábrica



Fonte: Tenda, 2024

De acordo com as projeções da companhia, a produtividade e diluição de custos da fábrica serão ainda mais relevantes a partir de 2025, atingindo quase custo marginal em regime no quarto trimestre de 2025.

Figura 22: Alea – Casas produzidas (uhs) x custo de fábrica – projeção



Fonte: Tenda

4.1.2. Exemplo de empresas que utilizam industrialização: FG

O edifício Skyline Tower, entregue no final do último ano em Balneário Camboriú (SC), exemplifica o uso de processos industrializados para dar maior agilidade à obra. A incorporação de sistemas como *drywall* em todas as divisões internas eliminou a necessidade de reboco manual nas paredes internas e externas. Além disso, a fachada foi revestida por um sistema de fachada ventilada, utilizando porcelanato, similar às "peles de vidro" de edifícios comerciais.

Outro diferencial foi a instalação de uma piscina pré-fabricada, entregue diretamente da fábrica. Como resultado dessas inovações, a obra reduziu 35% do número de trabalhadores no canteiro, diminuindo o tempo de construção em 18 meses e gerando 20% menos resíduos.

A FG, empresa responsável pela construção, pretende ampliar essa industrialização para futuros empreendimentos, como o Boreal Tower, onde a meta é reduzir até 50% da presença de mão de obra no canteiro. Outra iniciativa da empresa é a adoção de banheiros pré-fabricados, que serão montados externamente e encaixados à estrutura do prédio (FG, 2024).

4.1.3. Exemplo de empresas que utilizam industrialização: Incorporada Tecverde

A Tecverde é uma construtora especializada no método *wood-frame*, no qual cerca de 85% do trabalho é realizado em fábrica. Esse processo reduz a rotatividade de funcionários e acelera o tempo de execução das obras.

Um exemplo é o contrato firmado com a Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo (CDHU) para a construção de 518 moradias

em São Sebastião (SP), destinadas a famílias afetadas por chuvas. A fabricação dos módulos começou em abril, com montagem iniciada em junho e conclusão dos acabamentos em novembro. No total, o tempo de execução foi reduzido em 83% em relação a uma obra tradicional.

A CDHU, impulsionada por essa experiência positiva, lançou um edital para contratar mais 15 mil moradias utilizando métodos construtivos rápidos e sustentáveis. Estudos da Tecverde apontam que a industrialização permite construir quatro vezes mais unidades habitacionais com a mesma quantidade de trabalhadores dos métodos convencionais (TECVERDE, 2024).

4.2. Abordagem dos custos e comportamento da inflação do setor (estudo base para a análise dos resultados)

Com a finalidade de compreender como as descritas técnicas de industrialização e inovações nos sistemas construtivos impactam tanto na operação quanto na rentabilidade das construtoras, é essencial entender como os custos do setor se comportam.

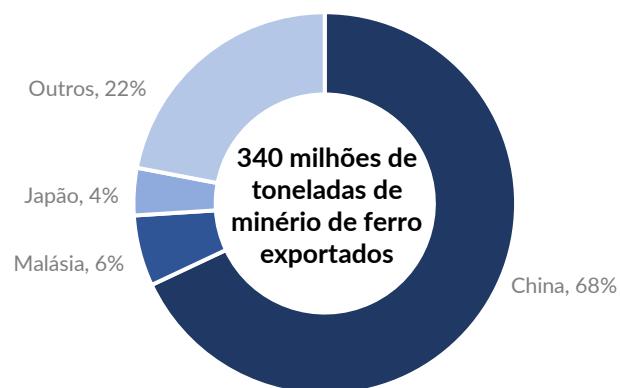
A construção de moradias, principalmente em grande escala, leva meses (ou anos) para ser concluída, envolvendo diversas escolhas de materiais como aço, concreto, madeira, instalações hidráulicas, cerâmica, alumínio, ferro e outros metais. Sobre o ponto de vista das construtoras e incorporadoras, os custos de construção representam a maior preocupação e os maiores riscos durante a execução do projeto. Como a maioria desses produtos se baseiam em *commodities*, é muito importante entender com que a companhia tenha um bom entendimento sobre o acesso a esses materiais em termos de produção, logística, capacidade e comércio internacional.

Em termos segmentação, segundo os dados CBIC (2024), o custo com mão de obra representa ~50,1% dos custos realizados em uma obra, seguido por materiais (~46,6%), administração (~3,0%) e equipamentos (~0,4%). Além disso, os custos com construção apresentaram um CAGR de crescimento de 7% entre 2007 e 2022, com um aumento substancial entre 2020 e 2021 relacionado à pandemia da COVID-19 e a quebra de cadeias logísticas no período. Ao analisar os custos por segmento de empresa, companhias expostas ao segmento de baixa renda, como Tenda (TEND3); MRV (MRVE3); Cury (CURY3); e, Direcional (DIRR3), gastam mais com materiais (cerca de 70%) e menos com mão de obra (~30%) dada a existência de processos padronizados de construção. Por outro lado, companhias focadas na alta renda, como Cyrela (CYRE3), EZTec (EZTC3) e Lavvi

(LAVV3), possuem uma proporção de custos mais próximas de 50% para materiais e 50% para mão de obra. Adicionalmente, aço (~15%) e concreto (~8%) são relativamente mais significativos em termos dos custos totais de materiais devido aos preços mais baixos e maior eficiência de uso.

Atualmente, o Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de aço do mundo, capaz de gerar 51 milhões de toneladas por ano por meio de 31 plantas de 15 empresas privadas ao longo de 10 estados do país. A construção civil se define como o setor que mais consome aço no país. Considerando tanto o aço importado quanto nacionalmente produzido, o uso na construção civil chega a representar aproximadamente um terço de todo volume circulado em território nacional. Em termos químicos, o aço se determina como uma liga metálica composta principalmente por ferro (minério mais abundante no Brasil), liderando a produção nacional ao representar cerca de 36% do volume total de minérios produzidos com 395 milhões de toneladas comercializadas no ano de 2020. No mesmo ano, os principais destinos do minério de ferro brasileiro foram: China (68%), Malásia (6%) e Japão (4%).

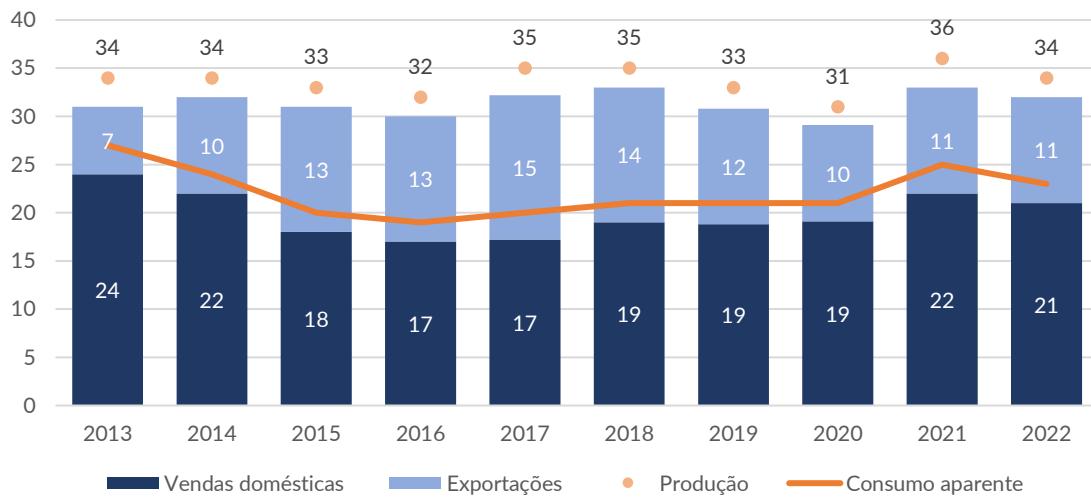
Figura 23: Composição dos maiores países consumidores do minério de ferro brasileiro em 2020



Fonte: Ibramveri

Devido a abundância de ferro, o país possui capacidade de atender a demanda local, mitigando o risco de dependência de outros países. Entre 2013-2022, a produção média foi de 34 milhões toneladas, significativamente acima do consumo doméstico.

Figura 24: Dados de produção, consumo doméstico, externo e aparente de minério de ferro (milhões de toneladas)



Fonte: IABr. Nota: Consumo aparente inclui vendas domésticas + importações por distribuidores e consumidores

Assim como no Brasil, o setor de construção civil na China é o principal consumidor de aço e, consequentemente, de minério de ferro no país. Na última década, o setor imobiliário foi o principal motor de crescimento da economia chinesa, exigindo altos níveis de produção de aço e minério de ferro. Essa demanda, juntamente com a valorização do dólar em relação ao real brasileiro e os custos logísticos, elevou os preços do minério de ferro e do aço (de US\$ 90/t no início da pandemia de COVID-19 para US\$ 200/t no 2T21, no caso do minério de ferro), impactando diretamente os custos globais de construção (REUTERS, 2021).

No entanto, desde o final de 2020, o setor imobiliário chinês tem enfrentado inúmeros desafios, incluindo o enfraquecimento das expectativas de mercado, a baixa demanda e a queda nos preços dos imóveis, devido ao esgotamento do modelo de crescimento baseado no mercado habitacional. Isso levou a um nível recorde de baixa na importação de aço pelo país. Assim, a demanda, juntamente com a valorização do dólar, continua sendo o principal fator determinante dos preços no mercado de aço e minério de ferro (REUTERS, 2021).

Olhando para o futuro, destaca-se que os principais fatores que impulsionam o mercado de minério de ferro (como a redução no número de novos lançamentos habitacionais, o aumento no uso de sucata e o crescimento da oferta de minério de ferro) continuam desafiadores, com a demanda possivelmente frustrando expectativas na ausência de um grande estímulo ao setor de construção na China, que tem sido o principal motor dos preços do minério de ferro nos últimos anos. Adicionalmente, o início das operações de projetos de mineração de alta capacidade nos próximos anos representa um risco de queda

nos preços da *commodity*. Nesse sentido, pode ser mencionada a mina Simandou, considerada o maior e mais rico recurso de minério de ferro não desenvolvido do mundo, com previsão de início de operações em 2026 (IRON ORE PRICE FORECAST, 2025).

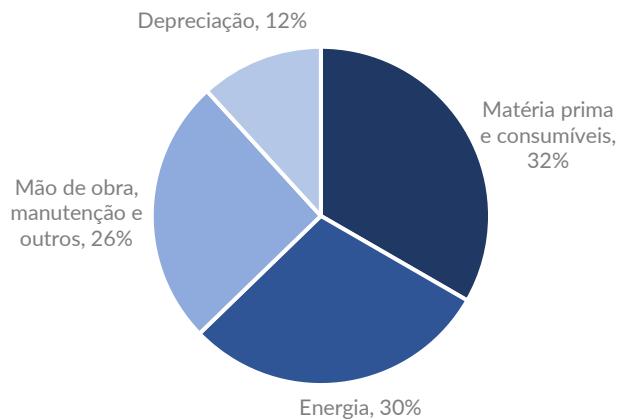
Da mesma forma, espera-se que a demanda por aço diminua nos próximos trimestres, à medida que os estímulos relacionados à COVID-19 e os efeitos da demanda reprimida se dissipam. No entanto, o recente rali do minério de ferro na China (2023-2024) está sustentando os preços de exportação do país e, consequentemente, os preços de importação do aço no Brasil, embora avaliemos que essa tendência será revertida. Vale ressaltar que os preços do aço na China têm uma correlação superior a 70% com os preços das matérias-primas, o que significa que os preços do aço podem corrigir junto com os preços do minério de ferro e do carvão (S&P GLOBAL, 2023).

Diferentemente, do setor de minérios, o cimento é um produto derivado de uma atividade industrial integrada, obtido a partir da mineração e do processamento de calcário e argila. Seu processo de industrialização inclui moagem, homogeneização e produção de farinha (mistura crua), seguida por um processo físico-químico que resulta no clínquer (cimento não pulverizado), que é posteriormente moído.

Em termos de características, o cimento é um material perecível, com curto prazo de armazenamento e grande necessidade de espaço. Diferentemente do aço, o cimento é um negócio local: o raio normal de transporte é de aproximadamente 300 km (CEMNET, 2019), pois, além dessa distância, o endurecimento reduz significativamente seu desempenho e características. Ele pode ser transportado a distâncias maiores quando em forma de clínquer e próximo a portos, mas, geralmente, isso não é economicamente viável. Por esse motivo, os preços do cimento variam consideravelmente por região – não existe um "preço global do cimento", e a análise tende a ser local, menos influenciada pela China em comparação com outras commodities.

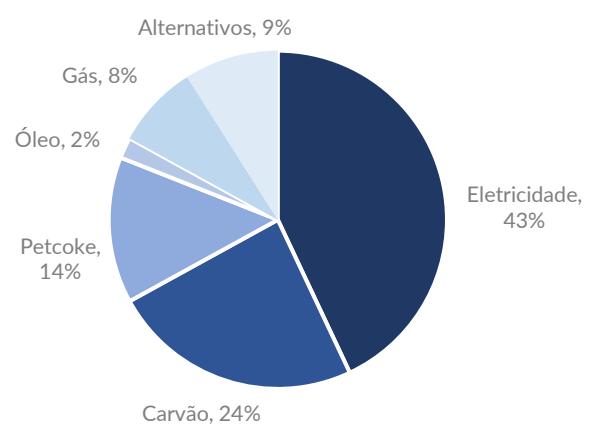
Em relação à base de custos, as matérias-primas e a energia são os principais custos variáveis. Com o aumento significativo dos preços da energia em 2021, o cimento tornou-se mais caro, impactando toda a indústria de construção civil (GLOBAL CEMENT, 2021).

Figura 25: Base de custos típica para cimentos



Fonte: estimativas do setor

Figura 26: Uso de energia no setor de cimentos



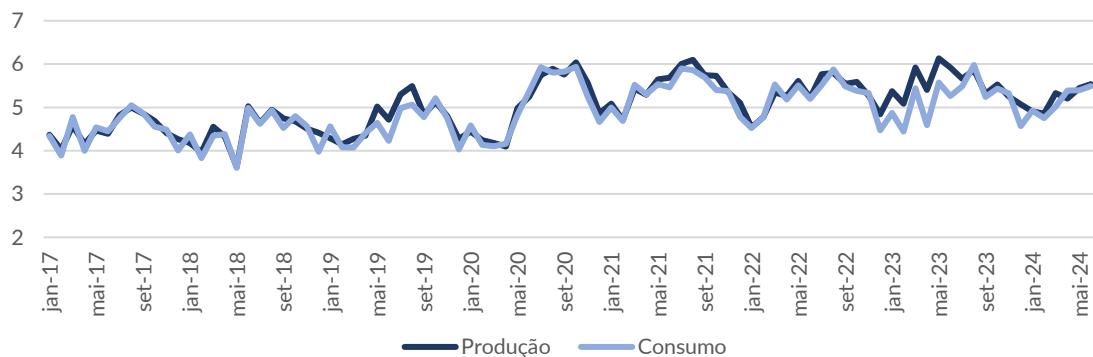
Fonte: estimativas do setor

O cimento é a principal matéria-prima do concreto, que é uma mistura do próprio cimento com água, pedra, areia e minerais. Quando hidratado, o cimento forma uma pasta resistente que adere aos fragmentos dos agregados (pedra e areia), criando um bloco monolítico com alta ductilidade, resistência e versatilidade, características ideais para as fundações estruturais utilizadas na construção civil.

Por isso, as fábricas de cimento tendem a se localizar próximas aos centros consumidores ou aos depósitos de calcário, sua principal matéria-prima. Além disso, a maior parte do cimento consumido no Brasil é produzido no próprio território nacional, com uma dependência insignificante de importações e poucas exportações. Em 2021, a indústria brasileira de cimento consumiu 65 milhões de toneladas e produziu 66 milhões de toneladas, um dos maiores valores anuais, ficando atrás apenas do ciclo de 2011-2015, quando a média anual foi de 69 milhões de toneladas. Vale destacar que tanto a produção quanto o consumo estão bem abaixo da capacidade total da indústria, o que significa um baixo risco de escassez no setor (Global Cement, 2022).

Como elemento crucial para a indústria da construção, o preço do cimento está correlacionado com o Índice Nacional de Custo da Construção (INCC), representando uma parte considerável do peso total do índice. Desde 2020, o preço do cimento acelerou significativamente (de R\$0,45/kg para R\$0,70/kg), registrando um aumento de mais de 55% em dois anos, impulsionado pelos custos logísticos e pela pandemia de COVID-19, que reduziu a oferta de insumos em toda a indústria. Como resultado, o aumento do preço do cimento elevou os retornos do INCC, que subiu 14% em 2021 e 9% em 2022 (FGV, 2022).

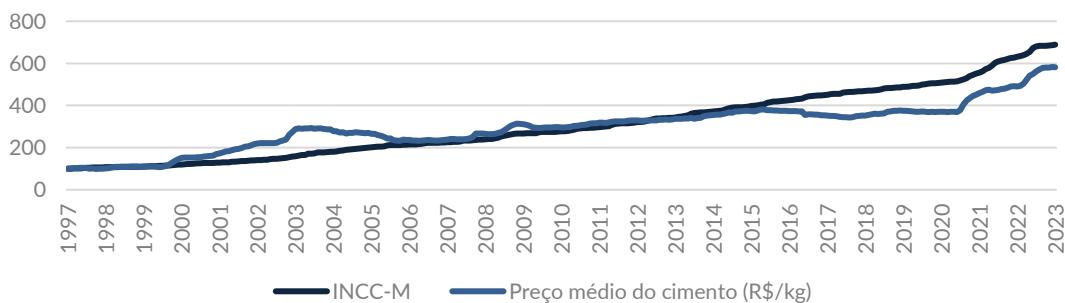
Figura 27: Produção mensal de cimento (milhões de toneladas)



Fonte: SNIC

Como fenômeno típico do setor, a produção e consumo de cimento possuem uma sazonalidade muito bem respeitada pelos fatores climáticos e aspectos naturais das diferentes épocas do ano. Pela Figura 27 é possível observar como em períodos de início de ano, devido à forte intensidade e frequência das chuvas, a produção e consumo de cimentos caem significativamente como um reflexo da paralisação das obras. Determinado ciclo também expressa como os ritmos de construção, lançamentos e entregas se comportam no setor de construção civil.

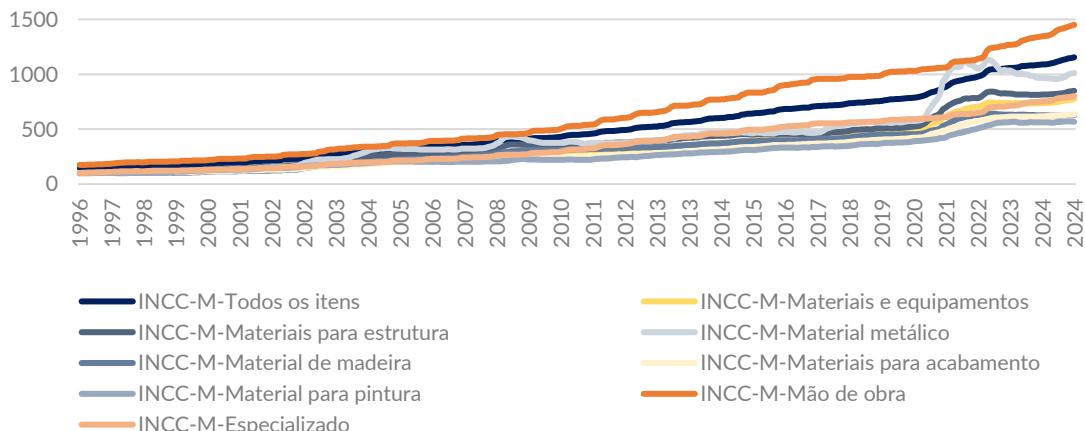
Figura 28: Produção mensal de cimento (milhões de toneladas)



Fonte: CBIC, SNIC, FGV (2024)

Conclui-se que o mercado brasileiro de cimento se apresenta saudável, com as atuais tendências de preços e volumes (final de 2024 e início de 2025) sendo mantidas. Esse cenário é sustentado pelas peculiaridades do setor, dado que o cimento é um produto majoritariamente doméstico, e pelo fato de a indústria brasileira ainda contar com capacidade ociosa, possibilitando ajustes em caso de mudanças na demanda. Por fim, a Figura 29 evidencia o comportamento da inflação entre os diferentes componentes de custo e construção na qual é possível observar como o cimento (representado por materiais para estrutura), apresenta uma grande pressão para os custos do setor.

Figura 29: Quebra do INCC em fatores de mão de obra



Fonte: FGV (2024)

4.3. Abordagem da rentabilidade da industrialização no setor

Diferentemente de todos os outros setores da economia, a construção civil apresenta uma metodologia contábil denominada PoC (*Percentage of Completion*), sendo esse o único método de contabilidade aplicável para o reconhecimento de receitas e custos de acordo com o andamento das obras. Esse método apresenta uma baixa correlação com fluxo de caixa, principalmente para as construtoras de média e alta renda.

De modo geral, a entrada de caixa das construtoras depende das transferências dos recebíveis para os bancos e o processo varia de segmento a segmento. No segmento de baixa renda, a construtora transfere seus recebíveis assim que a venda é contratada, enquanto para a média e alta renda, a transferência ocorre na conclusão e entrega do empreendimento. As Figuras 30 e 31 apresentam as principais características das construtoras por segmento.

Figura 30: Principais características das construtoras por segmento

Baixa vs. Alta renda - Principais características das construtoras		
	Baixa renda	Alta Renda
Método contábil	PoC	PoC
Período de construção	12 - 15 meses	24 - 30 meses
Transferência de recebíveis	Logo após a venda	Na entrega
Ajuste de preço?	Não, preço de venda é fixo	Sim, recebíveis são ajustados pelo INCC (durante a construção) e IGP-M (pós entrega)

Fonte: Autor

Desse modo, a posição de fluxo de caixa reflete os métodos contábeis aplicados. Pela Figura 31, observa-se como os dois segmentos estão diferentemente expostos à dinâmica de preços e consequentemente à inflação. Como no segmento da baixa renda, a maioria do empreendimento é contratada pelo programa Minha Casa Minha Vida, a partir do momento

que a construtora repassa o recebível para a Caixa Econômica Federal, maior financiadora do programa através do FGTS (Fundo Garantidor de Tempo e Serviço), o preço das parcelas a serem pagas ficam travados pelo contrato. Por outro lado, como a transferência de recebíveis do segmento de alta renda é feita somente na entrega do empreendimento e desvinculada de qualquer programa social, as incorporadoras possuem uma flexibilidade muito maior de repasse e imposição de preço para controlar a inflação de custos.

Figura 31: Principais características das construtoras por segmento

Baixa vs. Alta renda - Principais características das construtoras		
	Baixa renda	Alta Renda
Método contábil	PoC	PoC
Período de construção	12 - 15 meses	24 - 30 meses
Transferência de recebíveis	Logo após a venda	Na entrega
Ajuste de preço?	Não, preço de venda é fixo	Sim, recebíveis são ajustados pelo INCC (durante a construção) e IGP-M (pós entrega)

Fonte: Autor

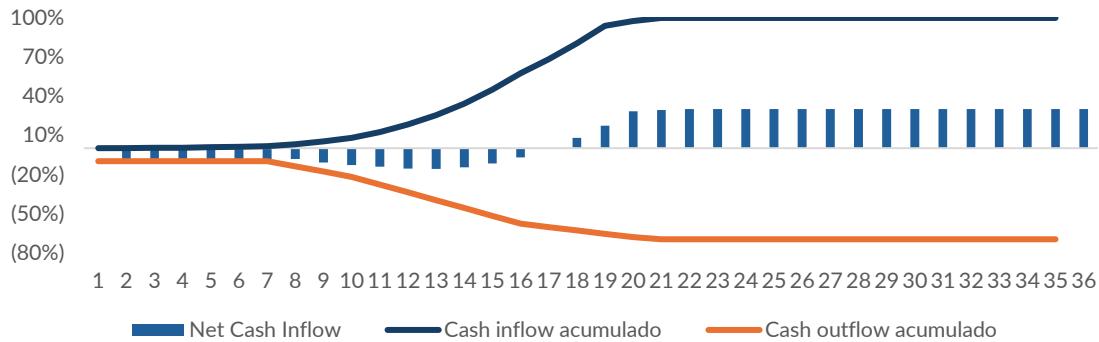
Para tornar essa dinâmica mais visível tanto para a baixa renda quanto alta renda, serão exploradas três curvas de caixa refletindo diferentes cenários de vendas: i) todas as vendas acontecendo linearmente ao longo do período de construção; ii) todas as vendas concentradas no início da obra; iii) todas as vendas concentradas no final da obra. Além disso, também é necessário assumir diferentes premissas para cada segmento:

- Premissas assumidas para as construtoras baixa renda: custo do terreno como 10% do VGV, margem de custo de construção como 60% do VGV, margem bruta de 30%, dívida a 80%, juros a 8% e Selic a 7%; 18 meses de construção;
- Premissas assumidas para as construtoras média/alta renda: custo do terreno como 20% do VGV, margem de custo de construção como 45% do VGV, margem bruta de 35%, dívida a 80%, juros a 8% e Selic a 7%; 24 meses de construção;

As Figuras 32, 33 e 34 mostram o comportamento do fluxo de caixa de uma construtora de baixa renda em diferentes cenários de velocidade de vendas durante a execução da obra.

A Figura 32 apresenta um cenário de vendas distribuídas de forma linear ao longo de toda a obra. Nesse modelo, o caixa operacional se mantém estável no início, mas começa a se tornar positivo à medida que o recebimento das vendas acompanha o avanço físico do projeto. O fluxo de caixa acumulado cresce de maneira gradual e previsível, refletindo a baixa volatilidade desse modelo de comercialização. Esse cenário é típico de empresas com alta demanda e forte presença em regiões consolidadas.

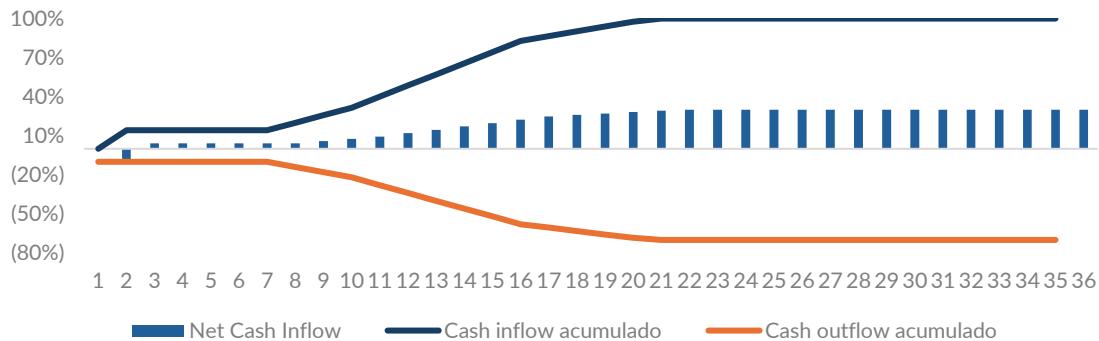
Figura 32: Fluxo de caixa de uma construtora baixa renda – vendas lineares



Fonte: Autor

Embora o cenário de vendas lineares ofereça maior previsibilidade, ele não representa a realidade de todos os empreendimentos. Em alguns casos, as vendas se concentram no início da obra, alterando significativamente a dinâmica do fluxo de caixa. Esse comportamento é ilustrado na Figura 33.

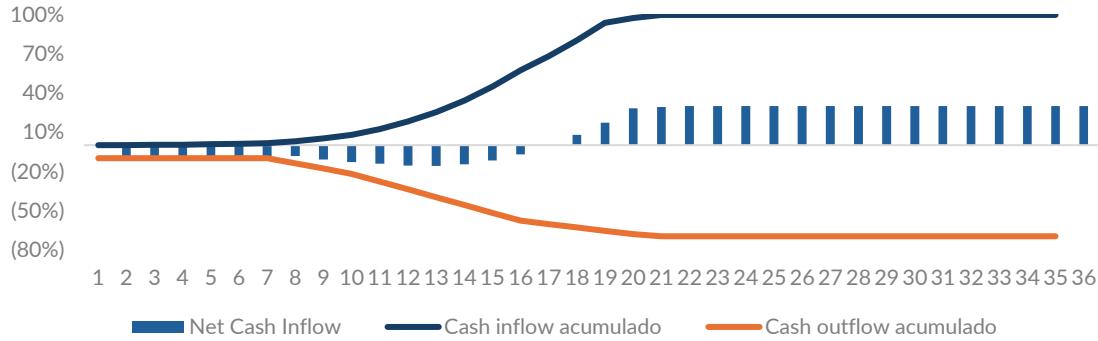
Figura 33: Fluxo de caixa de uma construtora baixa renda – vendas concentradas no início da obra



Fonte: Autor

A Figura 33 ilustra um cenário no qual grande parte das vendas ocorre nos primeiros meses do projeto. Neste caso, o caixa se torna positivo rapidamente, proporcionando liquidez imediata para financiar a fase inicial da obra. Entretanto, conforme a construção avança, a ausência de novas vendas reduz a entrada de recursos, fazendo com que o caixa acumulado estabilize e dependa mais da eficiência operacional para se manter positivo. Esse modelo é comum em lançamentos muito atrativos ou em regiões com forte demanda reprimida.

Figura 34: Fluxo de caixa de uma construtora baixa renda – vendas concentradas no fim da obra

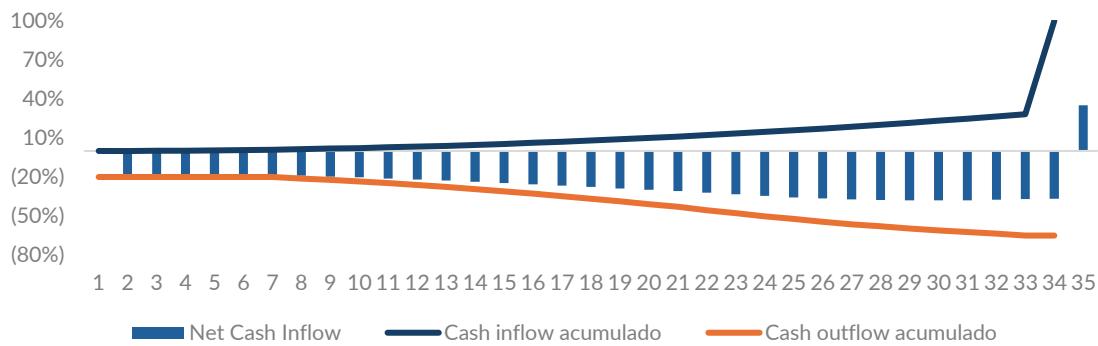


Fonte: Autor

A Figura 34 apresenta o cenário em que as vendas são concentradas apenas nas etapas finais da obra, situação que intensifica o risco financeiro e pressiona o capital de giro da construtora. Como mostrado no gráfico, o fluxo de caixa operacional permanece negativo durante a maior parte do ciclo produtivo, uma vez que as saídas de caixa associadas aos custos de construção ocorrem de maneira contínua, enquanto as entradas de recursos são postergadas para os meses finais. Apenas quando as vendas se materializam, já próximo à conclusão do projeto, o caixa acumulado passa a se recuperar, reduzindo parcialmente o déficit formado ao longo da execução. Esse padrão evidencia um modelo menos favorável para construtoras de baixa renda, pois aumenta a necessidade de financiamento próprio, limita a liquidez e eleva a exposição a atrasos ou variações no ritmo de vendas, tornando o empreendimento mais vulnerável em contextos inflacionários ou de mercado desaquecido.

Pela dinâmica de fluxo de caixa, observa-se como as companhias focadas no segmento da baixa renda possuem uma posição de caixa saudável ao longo de todo processo construtivo, recuperando caixa com uma velocidade alta. Pelo estudo também se nota que o aumento da velocidade de vendas no início da obra e logo após o lançamento do empreendimento, permite uma recuperação muito rápida de caixa. As Figuras 35, 36 e 37 mostram, o comportamento do fluxo de caixa de uma construtora de média/alta renda em diferentes cenários de velocidade de vendas durante a execução da obra.

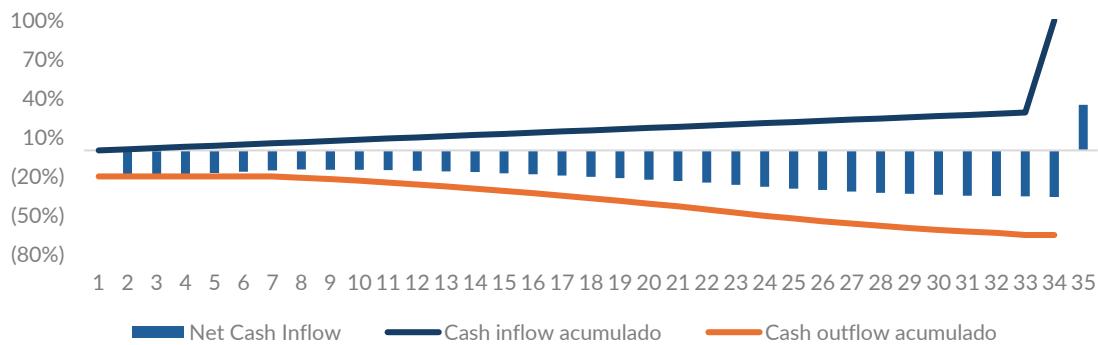
Figura 35: Fluxo de caixa de uma construtora média/alta renda – vendas lineares



Fonte: Autor

A Figura 35 ilustra um cenário em que as vendas ocorrem de forma linear ao longo de toda a obra. Nesse modelo, as entradas de caixa se distribuem uniformemente, fazendo com que o fluxo acumulado aumente de maneira gradual e consistente, ao passo que os desembolsos seguem o ritmo do cronograma físico-financeiro. Para construtoras de média/alta renda, esse cenário é típico de empreendimentos com demanda estável e comercialização constante, resultando em menor volatilidade e maior previsibilidade do caixa, embora geralmente exija capital próprio maior no início em função da menor velocidade de vendas comparada às empresas de baixa renda.

Figura 36: Fluxo de caixa de uma construtora baixa renda – vendas concentradas no início da obra

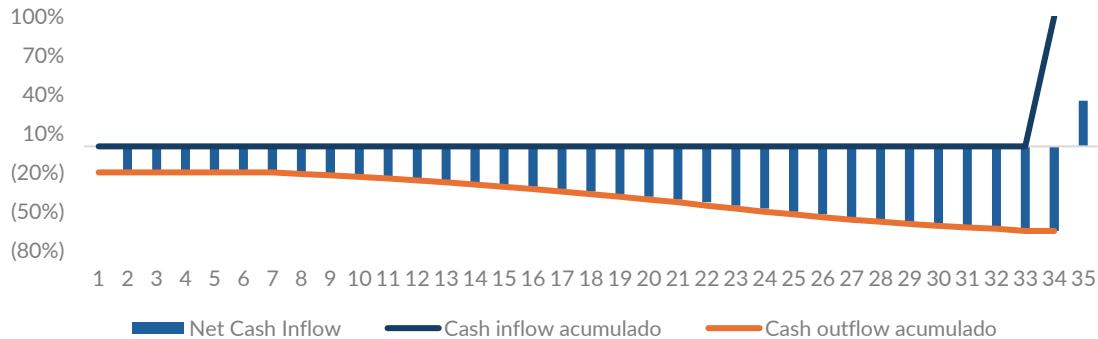


Fonte: Autor

A Figura 36 apresenta o caso em que grande parte das vendas ocorre nos primeiros meses do projeto. Nesse cenário, o fluxo de caixa se torna positivo mais rapidamente, permitindo financiar as etapas iniciais da obra com menor pressão de capital próprio. No entanto, à medida que a obra avança e novas vendas reduzem, o caixa acumulado passa a depender quase exclusivamente da eficiência operacional e do controle de custos. Apesar de trazer liquidez inicial, esse modelo também aumenta o risco caso o ritmo de vendas no

lançamento não atinja o esperado.

Figura 37: Fluxo de caixa de uma construtora baixa renda – vendas concentradas no fim da obra



Fonte: Autor

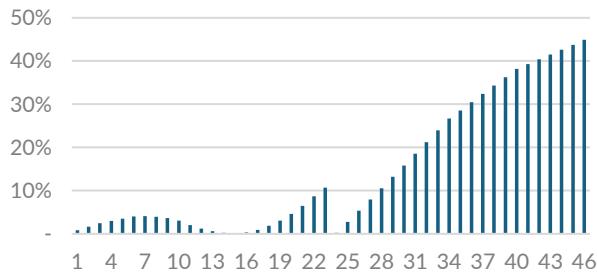
A Figura 37 demonstra o cenário de maior risco financeiro, caracterizado por vendas concentradas no final da obra. Nesse caso, o fluxo de caixa operacional permanece negativo durante a maior parte do ciclo, uma vez que os custos de execução são contínuos, enquanto as entradas de receita são postergadas. O caixa acumulado somente se recupera próximo ao encerramento do projeto, quando ocorre a maior parte da comercialização. Para construtoras de média/alta renda, esse modelo representa elevada necessidade de capital de giro, maior exposição a atrasos, maior sensibilidade à inflação e risco ampliado em mercados voláteis.

Portanto, as construtoras que operam na baixa renda, principalmente por meio do programa Minha Casa Minha Vida, possuem um risco de vendas muito mais baixo, exigem um capital de giro muito menor e possuem um ciclo de construção muito mais curto, sustentando sua estratégia de projetos padronizados de construção rápida. No entanto, os benefícios relacionados à transferência de recebíveis são anulados por menores margens (basicamente devido ao teto de preços definido pelo programa e pelo menor tamanho da propriedade); e menor capacidade de repassar a inflação devido aos preços travados no início do projeto, não possibilitando o reajuste dos recebíveis por algum índice de inflação, diferentemente do segmento de média e alta renda.

Além da concentração, a velocidade das vendas (ditada pela métrica da velocidade sobre oferta “VSO”) desde o lançamento, execução, entrega e pós projeto importa muito para definir a geração de caixa de um projeto. O ritmo de vendas varia muito a depender do segmento de atuação da companhia e da estratégia da empresa. Teoricamente, construtoras focadas no segmento baixa renda, pelo menor valor agregado do produto, costuma trabalhar com um VSO mais alto quando comparadas com o segmento de alta renda. Por outro lado,

por questões de controle de estoque e estratégia de precificação do produto, as empresas podem focar em desacelerar o ritmo de vendas, aumentando a exposição do produto ao potencial de valorização. As Figuras 38,39,40 e 41 apresentam a geração de caixa acumulada a depender da velocidade de venda do projeto.

Figura 38: Geração de caixa acumulada – VSO de 15%



Fonte: Autor. Pagamento do terreno 100% no final da obra

Figura 39: Geração de caixa acumulada – VSO de 22%

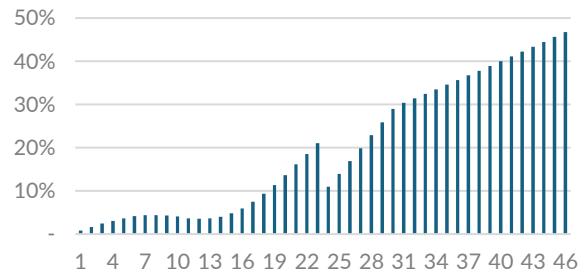
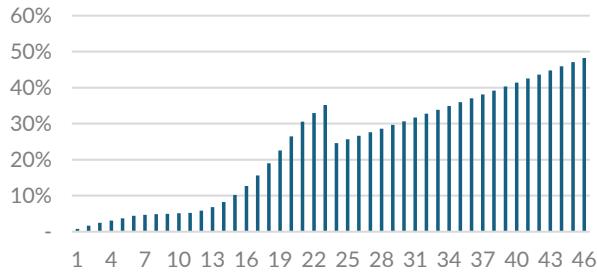
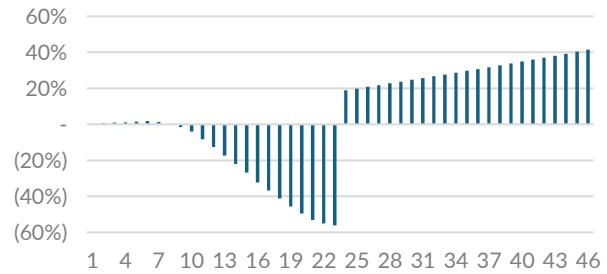


Figura 40: Geração de caixa acumulada – VSO de 26%



Fonte: Autor. Pagamento do terreno 100% no final da obra

Figura 41: Geração de caixa acumulada – VSO ~0%



5. SIMULAÇÃO E ANÁLISE DE CENÁRIOS

O Capítulo 5 apresenta a simulação e a análise de cenários desenvolvidas para avaliar, de forma quantitativa, os impactos operacionais e financeiros da industrialização em projetos de construção civil. A partir das premissas, dados e relações identificadas nos capítulos anteriores, este capítulo introduz um modelo financeiro genérico que permite mensurar como diferentes níveis de industrialização, ritmos de obra, velocidades de venda e cenários inflacionários influenciam a rentabilidade dos empreendimentos. A simulação foi estruturada para reproduzir o comportamento real de projetos imobiliários, incorporando métricas como fluxo de caixa, margens operacionais, custos reconhecidos pelo método *Percentage of Completion* (PoC) e Taxa Interna de Retorno (TIR). Dessa forma, o capítulo fornece uma base empírica para comparar estratégias construtivas e compreender como decisões operacionais repercutem nos resultados financeiros sob diferentes condições de mercado.

5.1. Introdução ao modelo genérico como ferramenta de estudo

Para entender sobre a rentabilidade da industrialização no setor, foi desenvolvido um modelo financeiro genérico para uma construtora do setor. O modelo é embasado a nível de projeto e se estrutura como um percentual do VGV. Ao mesmo tempo o modelo está dividido em meses (e não em trimestres como normalmente é realizada uma modelagem financeira), com o objetivo de capturar, de forma mais precisa, as diferentes fases de um projeto em lançamento, execução, venda e entrega.

5.1.1. Métricas e indicadores operacionais

A fim de explorar e quantificar todos os cenários com o objetivo de comparar os diferentes impactos da industrialização no setor, foi desenvolvido um modelo genérico para as incorporadoras do setor de construção civil do país. Primeiramente, vale a pena realizar uma análise sobre os aspectos operacionais de uma construtora/incorporadora do setor:

i) Landbank: O conceito de *landbank* é central para a dinâmica do setor de incorporação imobiliária, sendo comumente descrito como a "matéria-prima" dessa atividade (GELTNER., 2007). Em termos práticos, o *landbank* consiste em um estoque estratégico de terrenos detido pelas incorporadoras com o objetivo de viabilizar projetos futuros de desenvolvimento urbano. A mensuração do *landbank* é usualmente realizada com

base no *Potential Sales Value* (PSV), ou Valor Potencial de Vendas, indicador que expressa o valor estimado das receitas brutas provenientes da comercialização dos empreendimentos a serem realizados sobre os respectivos terrenos (MILES., 2015). Em geral, o custo de aquisição do terreno representa entre 10% e 20% do PSV de um projeto, embora essa proporção possa variar em função da localização, do tipo de produto e das condições de mercado. As estratégias de aquisição de terrenos por parte das incorporadoras imobiliárias geralmente se dão por dois meios principais, pagamento à vista (em moeda corrente) ou permutas. A permuta, neste contexto, configura-se como uma alternativa à aquisição onerosa em dinheiro, na qual o proprietário do terreno é remunerado com unidades do empreendimento futuro ou com parcelas do fluxo de caixa gerado por sua comercialização (ZELMAN, 2012). Essa modalidade, amplamente utilizada no mercado brasileiro, permite maior flexibilidade financeira às incorporadoras e uma melhor alocação de capital em momentos de restrição de crédito ou elevada taxa de juros.

ii) Lançamentos: A fase de lançamento (*launch phase*) marca o início da exposição pública de um empreendimento imobiliário. Trata-se do momento em que o projeto, já devidamente registrado junto aos órgãos competentes e com toda a documentação legal regularizada, é oficialmente apresentado ao mercado consumidor. A partir dessa etapa, são iniciadas as ações de marketing e divulgação, com o objetivo de gerar visibilidade e atrair demanda para as unidades que serão comercializadas (Miles et al., 2015). Essa fase é caracterizada pela intensificação dos esforços publicitários, que envolvem desde o uso de mídia tradicional e digital até a realização de eventos promocionais destinados a gerar expectativa e interesse em potenciais compradores. Uma prática comum no setor é a instalação de um estande de vendas (*sales stand*) no próprio local onde o empreendimento será construído. Esse espaço físico funciona como um ponto de contato direto entre os corretores e o público, permitindo a apresentação do projeto por meio de maquetes, decorados e materiais informativos (GELTNER, 2007). Do ponto de vista comercial, a unidade habitacional torna-se disponível para aquisição já no momento do lançamento. Essa estratégia permite que as incorporadoras capturem a demanda reprimida logo nas fases iniciais do ciclo do projeto, viabilizando inclusive a antecipação de receitas por meio da venda na planta (*pre-sale*), prática recorrente no mercado brasileiro (ZELMAN, 2012).

iii) Vendas: O processo de comercialização tem início concomitantemente à fase de lançamento do empreendimento, geralmente no momento em que se inicia a fase de obras. As vendas contratadas – comumente denominadas *pre-sales* – referem-se à comercialização de unidades que ainda não estão concluídas e, portanto, não se encontram aptas para

habitação imediata (Miles et al., 2015). Essa modalidade é particularmente relevante no contexto do desenvolvimento imobiliário residencial, uma vez que permite à incorporadora antecipar receitas e validar a atratividade do produto junto ao mercado. Após o lançamento formal do projeto, o processo de vendas é conduzido ao longo de toda a fase de construção, podendo se estender até a finalização do empreendimento. Em termos analíticos, um dos principais indicadores de desempenho comercial é a *velocidade de vendas (sales speed)*, métrica que compara o volume de unidades efetivamente vendidas com o total disponibilizado para comercialização no início do ciclo (GELTNER, 2007). Essa métrica pode ser desdobrada em duas categorias: i) *velocidade de vendas de lançamentos*, que avalia a performance de novos produtos no momento de sua introdução no mercado; e ii) *velocidade de vendas de estoque*, que mede a capacidade da incorporadora em escoar unidades remanescentes de projetos anteriores. A distinção entre essas duas vertentes permite uma análise mais acurada da eficiência comercial da empresa, bem como da atratividade dos diferentes produtos ao longo do tempo (ZELMAN., 2012).

iv) Estoques: No contexto do setor de incorporação imobiliária, *estoques* referem-se ao volume de unidades lançadas que ainda não foram comercializadas. Em termos práticos, o estoque representa a quantidade de unidades de projetos previamente lançados por uma incorporadora – geralmente em trimestres anteriores – que permanecem disponíveis para venda, seja durante a fase de construção ou mesmo após sua conclusão (Miles et al., 2015). A categorização dos estoques pode ser desdobrada em duas principais modalidades, estoque em construção, que compreende unidades ainda em fase de obras, e estoque concluído, composto por unidades prontas para entrega. Ambos são usualmente mensurados com base no *Valor Potencial de Vendas (Potential Sales Value – PSV)*, indicador que expressa o valor financeiro total que poderá ser obtido com a venda de tais unidades (GELTNER, 2007). Uma métrica amplamente utilizada no setor é a *duração de estoque (inventory duration)*, a qual estima o número de anos necessários para que a incorporadora comercialize integralmente seu estoque atual. Esse indicador é calculado com base na velocidade de vendas vigente ou na média registrada nos últimos 12 meses, permitindo uma avaliação dinâmica da eficiência comercial da companhia e de sua exposição a riscos de liquidez e obsolescência de produto (ZELMAN, 2012).

v) Distratos: O distrato de vendas, ou *sales cancellation*, refere-se à rescisão do contrato de compra e venda firmado entre o adquirente de uma unidade habitacional e a incorporadora responsável pelo empreendimento. Tal cancelamento pode ocorrer em dois momentos distintos ao longo do ciclo do projeto: i) durante a fase de construção, período no

qual o comprador é geralmente responsável pelo pagamento de 20% a 30% do valor total da unidade diretamente à incorporadora; ou ii) no momento da entrega do imóvel, etapa em que o comprador deve obter financiamento junto a uma instituição bancária para quitar o saldo remanescente – normalmente entre 70% e 80% do valor da unidade (MILES, 2015; ZELMAN, 2012). As causas mais recorrentes para o distrato estão associadas a mudanças na condição de *affordability* do comprador, seja por deterioração de sua capacidade financeira ou por restrições no crédito imobiliário. Além disso, variações negativas nos preços dos imóveis durante a fase de construção podem reduzir o interesse do comprador em concluir a transação, especialmente quando há percepção de desvalorização do ativo (GELTNER, 2007). Nesse contexto, o distrato pode ser interpretado tanto como um indicador de risco para o fluxo de caixa das incorporadoras quanto como reflexo da sensibilidade do mercado às flutuações macroeconômicas e aos ciclos imobiliários.

vi) Entrega: A fase de *entrega* de um empreendimento ocorre quando a construção do projeto é concluída pela incorporadora, marcando o encerramento do ciclo físico da obra. Neste momento, os clientes pertencentes aos segmentos de renda média e média-alta podem formalizar o financiamento habitacional junto às instituições financeiras para quitação do saldo devedor da unidade (Miles et al., 2015). Por outro lado, no segmento de baixa renda, é comum a utilização do processo de *venda simultânea (simultaneous sales)*, modalidade que permite ao comprador contratar o financiamento habitacional ainda durante a fase de construção. Essa antecipação é particularmente relevante em programas habitacionais subsidiados, como o *Minha Casa, Minha Vida*, pois facilita o acesso à moradia por meio da vinculação precoce do comprador ao crédito imobiliário (ZELMAN, 2012). A mensuração das entregas pode ser realizada por meio de duas abordagens principais: i) em termos de *Valor Potencial de Vendas (Potential Sales Value – PSV)*, que expressa o valor financeiro total correspondente às unidades entregues; ou ii) em termos do número absoluto de unidades habitacionais concluídas, métrica que permite análises operacionais e de capacidade construtiva da incorporadora (GELTNER, 2007).

vii) Repasse da unidade: A etapa de *transferência da unidade* – também conhecida como *fase de cessão de recebíveis (unit transfer ou transfer-of-receivables phase)* – representa o momento em que o comprador obtém a aprovação do financiamento imobiliário junto à instituição financeira, sendo então formalmente transferido para o banco. Esta etapa ocorre, majoritariamente, após a fase de entrega nos empreendimentos voltados aos segmentos de renda média e média-alta. Já nos projetos direcionados ao segmento de baixa renda, tal processo é usualmente antecipado para a fase de construção, conforme prática

recorrente em programas habitacionais subsidiados (ZELMAN 2012; Miles et al., 2015). Durante essa fase, o comprador passa por uma análise de crédito junto à instituição financeira, envolvendo avaliação de *score* e comprovação de capacidade de pagamento. Uma vez aprovado, o financiamento é liberado e o valor correspondente ao saldo devedor da unidade é repassado diretamente ao caixa da incorporadora, substituindo o cliente como devedor da operação (GELTNER, 2007). Esta transação também marca a formalização da cessão dos recebíveis imobiliários, transferindo o risco de crédito do comprador para o sistema financeiro, o que tem implicações relevantes na estrutura de capital e no fluxo de caixa das incorporadoras (ZELMAN, 2012).

5.1.2. Contabilidade do setor

O método contábil denominado *Percentage of Completion* (PoC) constitui a prática regulatória vigente para o reconhecimento de receitas por parte das incorporadoras brasileiras, especialmente no segmento residencial. Conforme estabelecido pelas normas locais (CPC 17, em consonância com o IAS 11, posteriormente substituído pelo IFRS 15), esse regime permite que a incorporadora reconheça receitas e custos de forma proporcional à evolução financeira da obra – isto é, com base na porcentagem do orçamento total do projeto (incluindo o valor do terreno) já incorrida como *construction-in-progress* (GOMES, 2013; PricewaterhouseCoopers, 2018). No caso de unidades vendidas, a receita é reconhecida à medida que os custos de construção são incorridos, representando o avanço físico-financeiro do projeto. A adoção do PoC gera efeitos relevantes sobre as demonstrações financeiras da incorporadora ao longo do ciclo do empreendimento, especialmente nas contas de resultado, balanço patrimonial e fluxo de caixa.

A partir de 2018, foi permitida a migração voluntária das companhias brasileiras para o regime de reconhecimento de receitas segundo o método da *Transferência da Unidade* (*Transfer-of-Units method*), em conformidade com o IFRS 15. Nesse novo modelo, o reconhecimento contábil de receitas e custos ocorre somente após a efetiva transferência da unidade ao cliente via instituição financeira. No entanto, dada sua ampla utilização no setor, este estudo dedica-se à análise detalhada do método de PoC e sua aplicação prática ao ciclo operacional de um projeto típico. Principais fórmulas para contabilidade do PoC:

Tabela 1: Conceitos, definições e fórmulas

Conceito	Definição	Fórmula
Receita na contabilidade PoC	Valor da receita reconhecida de acordo com o avanço físico da obra, proporcional ao percentual construído e ao percentual vendido, conforme previsto pelo CPC 47 para obrigações de desempenho satisfeitas ao longo do tempo.	$Receita = VGV\ Lançado * \%Vendido * \%Construído$
Custos na contabilidade PoC	Total de custos reconhecidos proporcionalmente ao avanço físico da obra e ao percentual vendido, representando a parcela dos custos incorridos e atribuíveis ao período.	$Custos = Custo\ total\ esperado * \%Vendido * \%Construído$
Contas a receber na contabilidade PoC	Montante de valores já reconhecidos como receita, mas ainda não recebidos em caixa dos clientes, ajustado pela movimentação do período (receitas reconhecidas menos recebimentos).	$Recebíveis = Recebíveis\ do\ período\ anterior + Receita - Receita\ em\ caixa$
Estoque na contabilidade PoC	Parcela do custo total do empreendimento correspondente à fração ainda não vendida do projeto, reconhecida conforme o estágio de construção.	$Estoque = Custo\ total\ esperado * (1 - \%Vendido) * \%Construído$
Receita a reconhecer na contabilidade PoC	Parcela da receita futura referente à fração vendida, porém não reconhecida contabilmente por ainda não ter sido construída.	$Receita\ a\ reconhecer = VGV\ Lançado * \%Vendido * (1 - \%Construído)$
Custos a reconhecer na contabilidade PoC	Parcela dos custos projetados ainda não apropriados contabilmente, associada à parte vendida do empreendimento que não foi construída.	$Custos\ a\ reconhecer = Custo\ total\ esperado * \%Vendido * (1 - \%Construído)$
Receita Caixa na contabilidade PoC	Valor efetivamente recebido dos clientes no período, considerando adiantamentos, recebimentos de parcelas e movimentações relacionadas à posição de contas a receber	$Receita\ Caixa = - (\Delta\ recebíveis) + (\Delta\ Adiantamento\ de\ clientes)$
Custo Caixa na contabilidade PoC	Valor efetivamente desembolsado pela construtora no período, incluindo pagamentos de fornecedores, terrenos e demais gastos operacionais relacionados à execução da obra.	$Custo\ Caixa = - (\Delta\ estoque) + (\Delta\ terrenos\ a\ pagar)$

Fonte: CPC 47 / IFRS 15

Desse modo, como base contábil do modelo, foi usada a metodologia “PoC”

(Percentage of Completion), metodologia utilizada no setor de construção civil, na qual as receitas são reconhecidas à medida que os custos de obra avançam. Com o intuito de construir um modelo dinâmico e adaptável a diferentes realidades e tamanhos de companhia, foi construída uma mecânica que assume premissas e projeções como porcentagem do VGV de um único empreendimento.

5.1.3. Premissas base

Dentre as premissas assumidas para o modelo genérico, válido para uma construtora, destacam-se: i) custo do terreno (como percentual do VGV); ii) custo de construção (como percentual do VGV; iii) caixa inicial (como percentual do VGV); iv) dívida (como percentual do VGV); v) taxa de juros e vi) taxa Selic.

Ao mesmo tempo, foram construídas outras premissas voltadas para explorar diferentes quadros de inflação e comportamento de preços dos produtos comercializados diante desses cenários. Dentre as premissas, destacam-se: i) crescimento de preços (mês contra mês) e ii) custo de inflação (mês contra mês).

Em números:

- Custo do Terreno = 10% do VGV;
- Custo de Construção = 52% do VGV;
- Margem bruta pós impostos = 36% (considerando 2% de impostos);
- Caixa inicial = 100% do VGV;
- Dívida = 80% do VGV;
- Juros = 9.0%/ano;
- Selic = 10.0%/ano;

As premissas de crescimento de preço (mês contra mês) e custo de inflação (mês contra mês) não possuem parâmetros fixos. Pelo contrário, são utilizadas como parâmetros de sensibilização do modelo com o objetivo de estressar diferentes cenários de inflação e dinâmica de preços. De forma a manter o modelo mais próximo da realidade, serão analisados cenários condizentes de inflação com base nas projeções de analistas e economistas de instituições distintas (UBS, Bank of America e Bradesco BBI). Sobre a dinâmica de crescimento de preços, foi feita uma análise com as diferentes empresas do setor.

5.1.4. Premissas de industrialização

Dentre as premissas utilizadas para industrialização destacam-se: i) CapEx de Implementação, ii) Economia de obra; ii.a) Redução de tempo, ii.b) Redução de desperdício, ii.c) Redução de retrabalho, ii.d) Redução de mão de obra no canteiro; iii) Aumento de margem de lucro.

Em termos de números, o CapEx de implementação a ser empregado em pré-fabricados pesados varia de R\$ 5 milhões a R\$ 15 milhões para montar a fábrica e contratar os equipamentos necessários (CBIC, 2021). Ao mesmo tempo, a implementação de estruturas modulares ou terceirizadas para sistemas leves (Steel/Wood frame) exige um investimento de R\$ 500 mil a R\$ 3 milhões (CBIC/ABRAMAT, 2022). Em termos de tecnologia e capacitação (ex: BIM), a implementação de softwares, treinamentos e estruturação pode levar de R\$ 300 mil a R\$ 800 mil (DELOITTE, 2020). Por fim, a implementação de logística especializada para atender o novo modelo de negócios embasado na construção modular pode adicionar até 10% ao custo total (MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE, 2019).

Em termos de economia e ganho de produtividade, a McKinsey estima que uma obra modular pode ser até 50% mais rápida (MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE, 2017). De modo complementar, a CTE avalia que a implementação de métodos industriais reduz, em até 50%, os custos com correções ao longo da obra (CTE, 2020). Segundo a GIZ Brasil, a industrialização 75% menos resíduos comparado aos métodos de construção tradicional (GIZ Brasil, 2022). Como resultado, a McKinsey estima uma redução de até 30% em mão de obra no canteiro com a utilização de sistemas industrializados e uma economia total de custo de obra entre 10% a 15% a nível de projeto. Por fim, a EY projeta que o lucro pode crescer em até 20% com a implementação do BIM e industrialização (EY, 2021).

5.1.5. Premissas de inflação

Inicialmente, para fins de comparação dos modelos construtivos em um mesmo cenário inflacionário, foi aplicado o mesmo crescimento de inflação de custo mês a mês. Assumindo como base o INCC-M acumulado dos últimos doze meses, até o mês de março de 2025 (7,32%), é possível assumir um crescimento mês a mês de 0,61%.

Posteriormente foram traçados diferentes cenários de inflação com a finalidade de estressar a resiliência da rentabilidade dos métodos industrializados de construção. Vale a pena ressaltar que os preços de comercialização dos produtos foram travados uma vez que

esse é um parâmetro o qual não faz sentido de ser comparado entre os métodos.

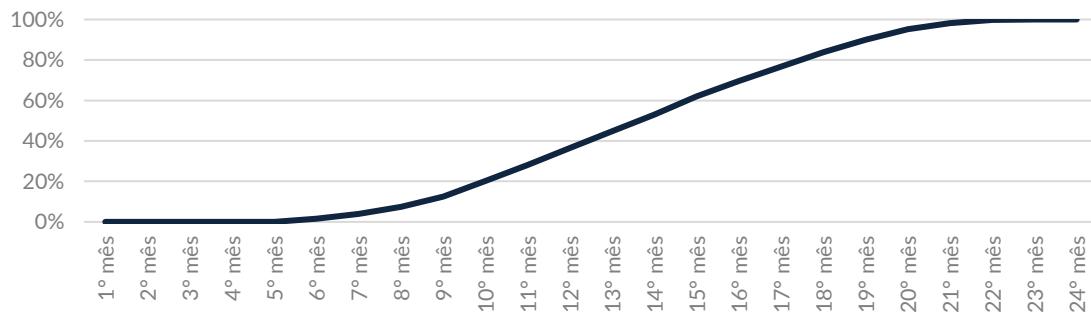
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A elaboração e mensuração dos resultados foi estruturada entre dois aspectos de comparação: **i)** Redução de tempo de obra e **ii)** Economia de obra (consequentemente ganho de margem de lucro a nível de projeto).

6.1. Redução de tempo de obra

Com o objetivo de capturar a redução do tempo de obra no modelo, a curva de obra do projeto foi reduzida em termos de duração e acelerada em termos de evolução de construção. Na linha de tempo do empreendimento, consideramos o início da obra no 6º mês do projeto (tanto para modelos tradicionais, quanto modelos industrializados), sendo finalizada no 23º mês para as obras no modelo convencional, conforme mostra as Figuras 42 e 43.

Figura 42: curva de obra de um modelo tradicional de construção



Fonte: Relação com investidores das companhias listadas do setor

Embora a Figura 42 apresente a curva de obra acumulada ao longo dos 24 meses de execução, é igualmente importante observar a evolução mensal de forma desagregada. A tabela da Figura 43 detalha essa mesma curva em valores não acumulados, permitindo identificar a intensidade da produção mês a mês. Essa visão complementar é essencial para a construção do modelo financeiro, pois a distribuição mensal do avanço físico determina o reconhecimento de custos e receitas pelo método *Percentage of Completion* (PoC), além de influenciar diretamente as necessidades de caixa e o nível de industrialização requerido em cada fase da obra.

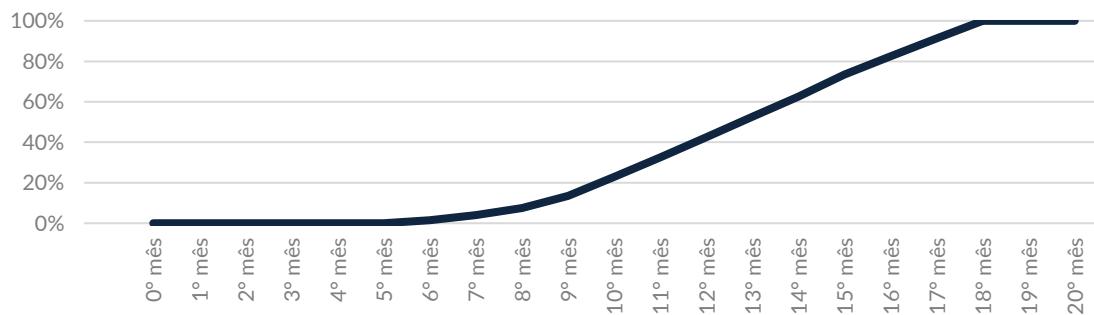
Figura 43: curva de obra de um modelo tradicional de construção (tabela desacumulada)

Mês	Evolução da obra	Mês	Evolução da obra
0°	-	12°	8,3%
1°	-	13°	8,3%
2°	-	14°	8,3%
3°	-	15°	9,0%
4°	-	16°	7,5%
5°	-	17°	7,3%
6°	1,5%	18°	7,0%
7°	2,5%	19°	6,3%
8°	3,5%	20°	5,3%
9°	5,0%	21°	3,0%
10°	7,7%	22°	1,5%
11°	8,0%	23°	0,3%

Fonte: Relação com investidores das companhias listadas do setor

Para o modelo industrializado, continuamos com a premissa de início de obra a partir do 6º mês do início do empreendimento, porém finalizada no 18º do projeto. O ritmo do início da obra até o 9º mês é o mesmo para o modelo tradicional, porém a partir do 10º mês a obra se torna mais veloz e sua evolução ganha um ritmo mais acelerado, como mostram as Figuras 44 e 45.

Figura 44: curva de obra de um modelo industrial de construção



Fonte: Autor

Embora a Figura 44 apresente a curva de obra acumulada de um modelo industrializado, é fundamental observar também sua distribuição mensal para compreender como o avanço físico se concentra ao longo do ciclo do projeto. A tabela da Figura 45 detalha essa evolução de forma desagregada, permitindo visualizar os meses de maior intensidade produtiva. Essa decomposição mensal é crucial para a análise financeira, pois influencia diretamente o reconhecimento de custos, a necessidade de mobilização de equipes e o impacto da industrialização no fluxo de caixa do empreendimento.

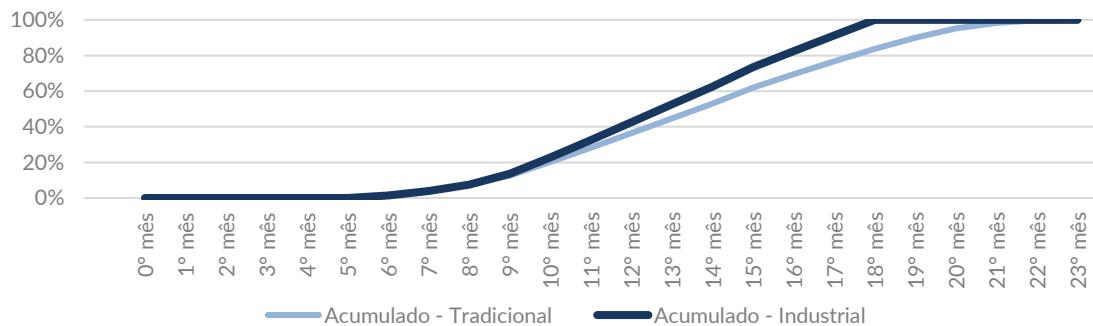
Figura 45: curva de obra de um modelo tradicional de construção (tabela desacumulada)

Mês	Evolução da obra	Mês	Evolução da obra
5°	-	12°	10,0%
6°	-	13°	10,0%
7°	1,5%	14°	10,0%
8°	2,5%	15°	10,9%
9°	3,5%	16°	9,1%
10°	6,1%	17°	8,8%
11°	9,3%	18°	8,7%

Fonte: Autor

Comparando as duas curvas, o modelo industrializado apresenta obras mais aceleradas e com menor prazo de duração. Em termos operacionais, determinado contexto permite uma entrada de caixa mais antecipada e rápida para a companhia. A Figura 46 apresenta as duas curvas de obras:

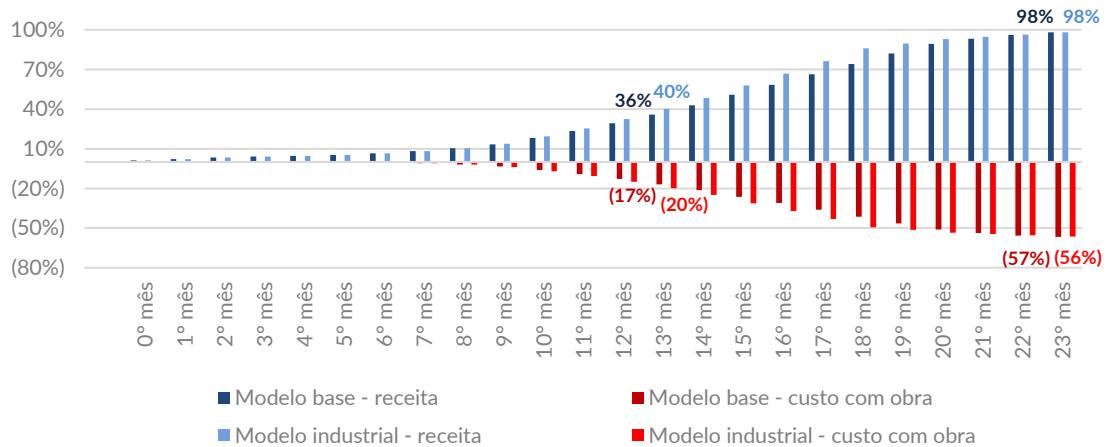
Figura 46: comparação da curva de obra (modelo tradicional vs. industrializado)



Fonte: Autor

Apesar da sutil diferença na curva de obra, a imposição de ritmo e redução de prazo, gera impactos financeiros completamente determinantes nas empresas, principalmente em termos de receita, custos com construção, consequentemente margens e geração de caixa, conforme vemos na Figura 47.

Figura 47: comparação da receita e custo com construção acumulados (modelo tradicional vs. industrial – curva de obra)



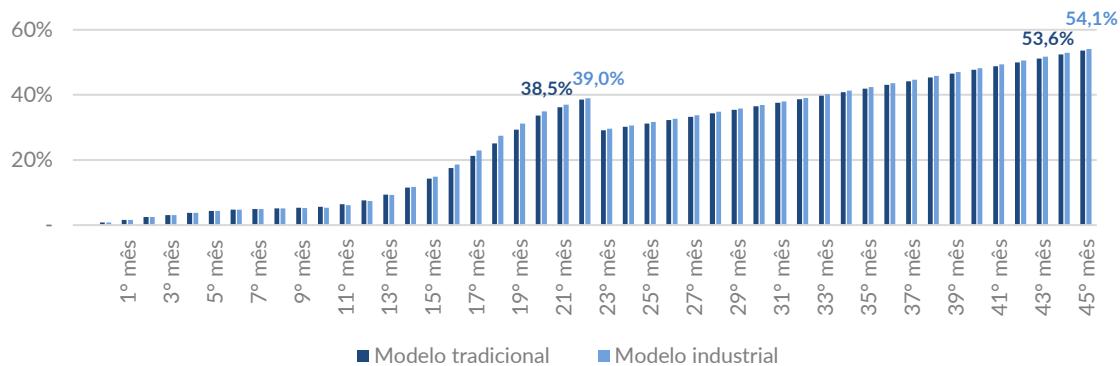
Fonte: Autor

Na Figura 47, é possível observar como o modelo industrial, por meio da maior velocidade da curva de obras, permite um crescimento de receita mais acelerado no início do projeto, mas não necessariamente acumula mais receita que o modelo tradicional. Do mesmo modo, o modelo industrial, por apresentar uma maior intensidade de ritmo de construção no início do empreendimento, também exige maiores custos com construção no início da obra, porém sem necessariamente acumular mais custos do que o modelo tradicional. Pelo contrário, por ser uma obra cronologicamente menos exposta à inflação, que permite um acúmulo menor de custos de construção ao longo da execução do projeto, principalmente no médio, longo prazo.

Em termos de geração e acúmulo de caixa, ambos os modelos apresentam comportamentos significativamente semelhantes. Essa métrica evidencia como a geração de caixa do projeto não é necessariamente impactada pela aceleração da curva de obra, uma vez que além de construir mais rápido, a empresa precisa, ao mesmo passo, vender mais rápido, principalmente pensando na contabilidade do PoC, onde construção e vendas caminham juntos.

Por outro lado, dentro dessa métrica observa-se como na realidade o que mais impacta na rentabilidade do projeto é o CapEx desprendido para fazer com que a construção seja mais acelerada e termine em um prazo menor. A Figura 48 evidencia a comparação de geração de caixa entre os modelos:

Figura 48: comparação da geração de caixa acumulada (modelo tradicional vs. industrial – curva de obra)



Fonte: Autor

Pela métrica da TIR, foi realizada uma análise de sensibilidade ponderando o investimento inicial (de 2% a 6% do VGV) e a evolução da construção do empreendimento, como apresentam as Figuras 49, 50 e 51.

As Figuras 49, 50 e 51 apresentam a análise de sensibilidade da Taxa Interna de Retorno (TIR) considerando diferentes combinações de velocidade de obra e variações no CapEx, permitindo avaliar como alterações no ritmo de execução e nos custos impactam a rentabilidade do projeto ao longo de distintos momentos do ciclo. Em todas as matrizes, observa-se que a TIR é altamente sensível ao CapEx: reduções no investimento inicial melhoraram significativamente o retorno, enquanto aumentos pressionam de forma relevante a rentabilidade. Ao mesmo tempo, a velocidade de obra — expressa pelo avanço físico nos meses 6, 9, 12, 15 e 18 — influencia a TIR de maneira não linear, evidenciando que acelerar a construção somente gera ganhos financeiros quando ocorre em meses estratégicos do projeto, especialmente aqueles com maior concentração de vendas. A combinação desses fatores mostra que retornos mais elevados são alcançados quando a obra avança em ritmo coordenado com a velocidade de vendas e quando há controle eficiente de custos, reforçando a importância do planejamento operacional e da industrialização como instrumentos de previsibilidade e mitigação de risco. No conjunto, as cinco tabelas evidenciam que pequenas variações nesses dois eixos podem alterar a TIR em até dezenas de pontos-base, demonstrando a relevância da sincronização entre engenharia, comercial e finanças para maximizar resultados.

Figura 49: TIR do projeto sensibilizando o 6º e o 9º mês de projeto

Velocidade de obra no 6º mês	CapEx (como % do VGV)				
	20,3%	-2,0%	-3,0%	-4,0%	-5,0%
0,9%	37,12%	25,64%	20,30%	17,08%	14,84%
1,2%	37,04%	25,59%	20,28%	17,06%	14,84%
1,5%	36,95%	25,55%	20,25%	17,05%	14,83%
1,8%	36,87%	25,50%	20,23%	17,03%	14,82%
2,1%	36,78%	25,45%	20,20%	17,02%	14,82%

Fonte: Autor

Velocidade de obra no 9º mês	CapEx (como % do VGV)					
	20,3%	-2,0%	-3,0%	-4,0%	-5,0%	-6,0%
5,3%	36,98%	25,55%	20,25%	17,04%	14,81%	
5,8%	36,96%	25,55%	20,25%	17,05%	14,82%	
6,1%	36,95%	25,55%	20,25%	17,05%	14,83%	
6,4%	36,94%	25,54%	20,25%	17,05%	14,84%	
6,7%	36,93%	25,54%	20,26%	17,06%	14,84%	

Figura 50: TIR do projeto sensibilizando o 12º e o 15º mês de projeto

Velocidade de obra no 12º mês	CapEx (como % do VGV)				
	20,3%	-2,0%	-3,0%	-4,0%	-5,0%
9,0%	36,94%	25,52%	20,22%	17,02%	14,79%
9,5%	36,95%	25,53%	20,24%	17,03%	14,81%
10,0%	36,95%	25,55%	20,25%	17,05%	14,83%
10,5%	36,96%	25,56%	20,27%	17,07%	14,85%
11,0%	36,96%	25,57%	20,28%	17,08%	14,87%

Fonte: Autor

Velocidade de obra no 15º mês	CapEx (como % do VGV)					
	20,3%	-2,0%	-3,0%	-4,0%	-5,0%	-6,0%
10,1%	36,94%	25,53%	20,23%	17,02%	14,80%	
10,4%	36,94%	25,53%	20,24%	17,03%	14,81%	
10,9%	36,95%	25,55%	20,25%	17,05%	14,83%	
11,2%	36,96%	25,55%	20,26%	17,06%	14,84%	
11,5%	36,96%	25,56%	20,27%	17,07%	14,85%	

Figura 51: TIR do projeto sensibilizando o 18º mês de projeto

Velocidade de obra no 18º mês	CapEx (como % do VGV)				
	20,3%	-2,0%	-3,0%	-4,0%	-5,0%
8,0%	36,95%	25,53%	20,23%	17,03%	14,81%
8,3%	36,95%	25,54%	20,24%	17,04%	14,82%
8,7%	36,95%	25,55%	20,25%	17,05%	14,83%
9,0%	36,95%	25,55%	20,26%	17,06%	14,84%
9,3%	36,96%	25,56%	20,27%	17,06%	14,85%

Fonte: Autor

Pela análise de sensibilidade, é possível observar duas tendências. Primeiramente, entende-se que a imposição de um ritmo mais acelerado de obra no início da construção, não necessariamente remete a uma taxa de retorno maior se realizado nos primeiros meses de projeto. Esse comportamento pode ser explicado pelo fato da aceleração da obra não necessariamente ser acompanhado pela aceleração em vendas. Por outro lado, acelerar a obra no final do projeto se mostra como uma estratégia que resulta em uma maior rentabilidade se realizada no final do empreendimento. Isso pode ser explicado pelo fato de se tratar de um momento final de obra, e consequentemente, focado em uma fase de detalhamento e conclusão do empreendimento.

Tais períodos costumam ser decisivos para as incorporadoras, principalmente por se tratar de uma fase mais exigente em termos de complexidade e na qual existe um salto representativo das vendas realizadas. Além disso, como principal conclusão da análise, foi

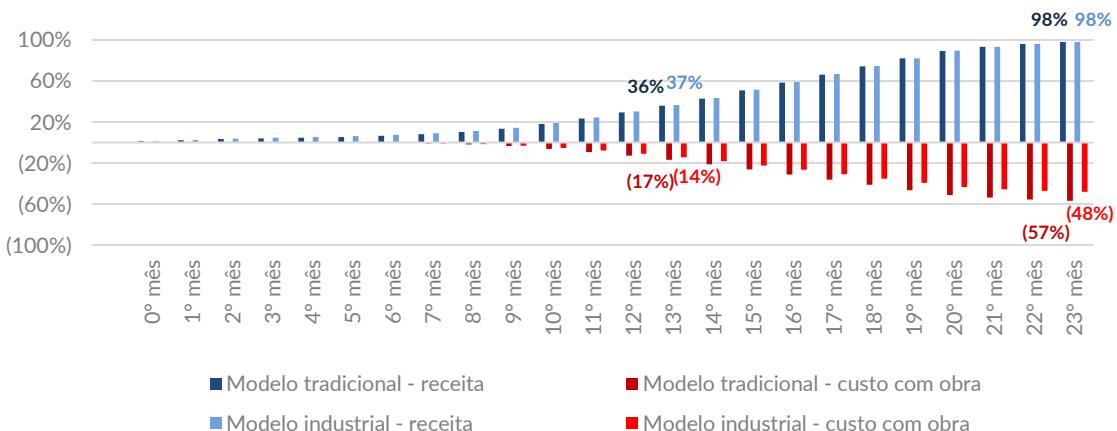
observada uma TIR de 20.3% considerando um investimento de 4.0% do VGV para aceleração da curva de obra do projeto. Para todos os intervalos de obra, a TIR máxima (engatilhada pelo menor custo do investimento) chega a 37%, enquanto a menor TIR atinge 15%, o que ainda torna o projeto viável, mas não no médio/longo prazo ao pensar nas projeções futuras da Selic.

6.2. Economia de obra

Com o objetivo de capturar a economia de obra no modelo, a premissa de margem foi alterada para refletir a redução de custo com construção e ganho de produtividade. Dentre as premissas anunciadas no item 3.1.4, foram considerados: i) o ganho de 50% de produtividade de acordo com o estudo da McKinsey (*Reinventing construction: a route to higher productivity*); ii) redução em até 50%, os custos com correções ao longo da obra, segundo a CTE (Industrialização e qualidade na construção civil); iii) redução de até 30% em mão de obra no canteiro com a utilização de sistemas industrializados e uma economia total de custo de obra entre 10% a 15% a nível de projeto segundo a McKinsey. Por fim, também foi considerada a projeção de crescimento em até 20% no lucro com a implementação do BIM e industrialização, segundo a EY.

Para essa análise, a variável margem foi isolada e não foram realizadas alterações em qualquer outro parâmetro no modelo. Desse modo, considera-se o mesmo ritmo de obra para o empreendimento, porém com custos de construção menor e expansão de margem, conforme a Figura 52 nos mostra.

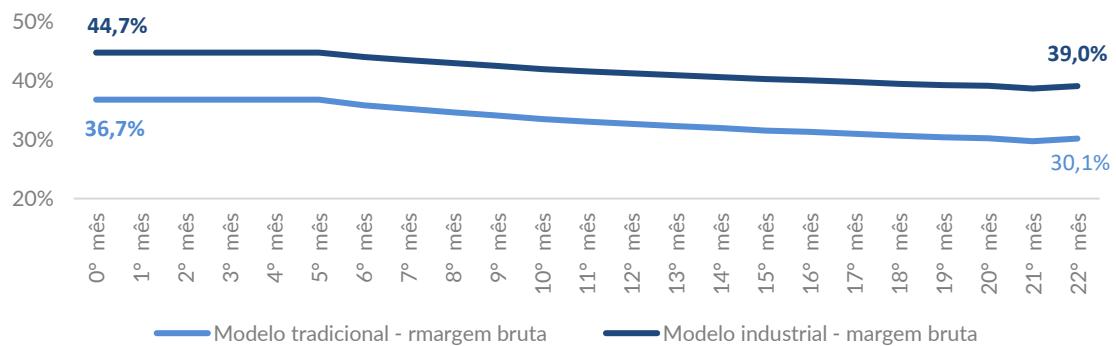
Figura 52: comparação da receita/custo com construção acumulados (modelo tradicional vs. industrial – redução de custo)



Fonte: Autor

Pela Figura 52 é possível observar como o modelo industrial, por meio da redução de custos e economia de obra, permite um crescimento de receita mais acelerado no início do projeto, mas não necessariamente acumula mais receita que o modelo tradicional. Do mesmo modo, a redução nos custos de construção, possibilita, logo do início, uma expansão de margem, a qual ganha magnitude com o andamento do projeto, como evidencia a Figura 53.

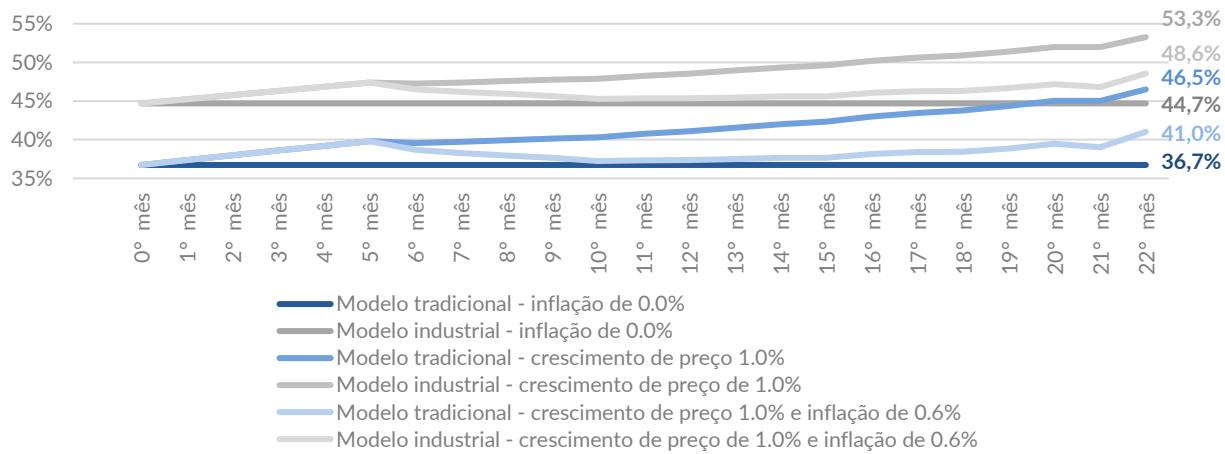
Figura 53: comparação da evolução da margem bruta (modelo tradicional vs. industrial – redução de custo)



Fonte: Autor

Ao longo de todo o projeto, a margem bruta da metodologia industrial se monstra superior a margem bruta dos métodos tradicionais de construção. Por outro lado, ambas as margens apresentam comportamentos decrescentes ao longo da evolução do projeto. O que pode ser explicado pelo descolamento da margem REF (margem à nível de orçamento de projeto) e margem realizada, principalmente dada a inflação. Sem inflação, as margens teriam um comportamento constante, porém crescimentos de preço poderiam equilibrar essa pressão de inflação. A Figura 54 faz uma comparação da margem bruta nos dois modelos:

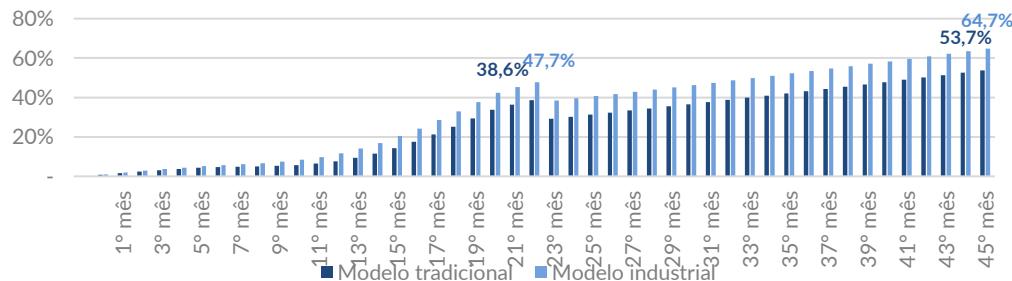
Figura 54: comparação da margem bruta em diferentes cenários (modelo tradicional vs. industrial – redução de custo)



Fonte: Autor

A Figura 54 mostra como o modelo tradicional pode desempenhar melhores margens quando comparadas com o modelo industrial, quando o empreendimento exerce um crescimento de preço no seu produto e ao mesmo tempo se protege bem da inflação. Vale ressaltar que esse gráfico foi utilizado somente com o fim de apresentar o comportamento das margens em diferentes quadros de inflação e crescimento de preço, sem necessariamente comparar modelos construtivos. Como parte do estudo, não foi assumida uma premissa na diferença de imposição de preço entre o modelo tradicional e industrial, uma vez que é entendido que o modelo construtivo não necessariamente é responsável por uma maior imposição de preço. A Figura 55 apresenta uma comparação entre a geração de caixa acumulado.

Figura 55: comparação da geração de caixa acumulado (modelo tradicional vs. industrial – redução de custo)



Fonte: Autor

Em termos de geração e acúmulo de caixa, diferentemente da comparação feita na Figura 48, existe uma grande diferença no comportamento dos dois modelos. Tal métrica evidencia como a geração de caixa do projeto é fortemente impactada pela redução do custo com construção. Por outro lado, a magnitude dessa diferença pode ser classificada como

surpreendente dada a diferença de 910bps de margem logo na entrega do empreendimento e 1.100bps no longo prazo.

Pela métrica da TIR, foi realizada uma análise de sensibilidade ponderando o investimento inicial (de 3% a 7% do VGV) e a evolução da construção do empreendimento como mostra a Figura 56.

Figura 56: TIR do projeto sensibilizando o custo de construção

Custo de construção	CapEx (como % do VGV)					
	20,6%	-3,0%	-4,0%	-5,0%	-6,0%	-7,0%
40,2%	34,4%	27,0%	22,6%	19,7%	17,5%	
42,2%	32,8%	25,8%	21,6%	18,8%	16,7%	
44,2%	31,2%	24,6%	20,6%	17,9%	16,0%	
46,2%	29,7%	23,4%	19,7%	17,1%	15,2%	
48,2%	28,2%	22,3%	18,7%	16,3%	14,5%	

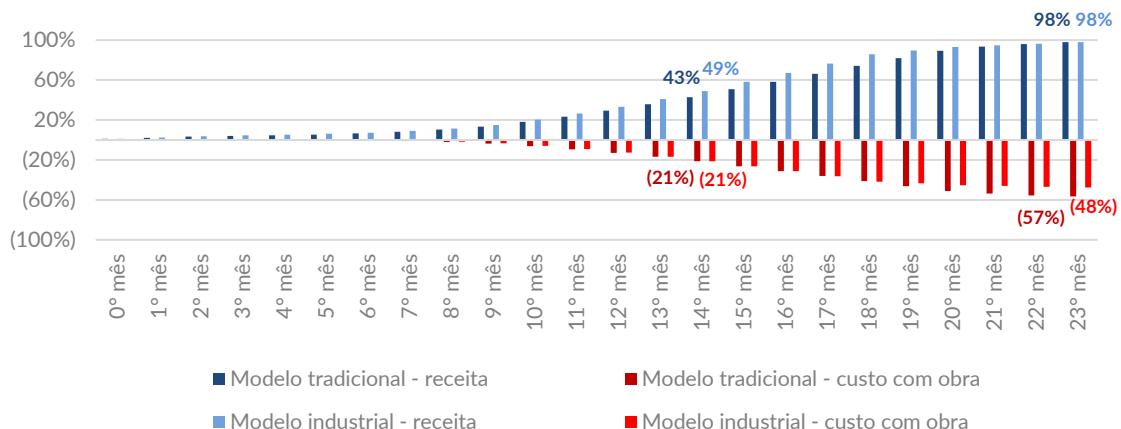
Fonte: Autor

Pela análise de sensibilidade, é possível verificar como a redução com custo de obra é determinante para a maior rentabilidade do projeto. Como principal conclusão da análise, foi observada uma TIR de 20,6% considerando um investimento de 5,0% do VGV para redução de custo do projeto e consequente expansão de margem. Para todos os intervalos de obra, a TIR máxima (engatilhada pelo menor custo do investimento e pela expansão de margem) chega a 34%, enquanto a menor TIR atinge 15%, o que ainda torna o projeto viável, mas não no médio/longo prazo ao pensar nas projeções futuras da Selic: 14,75% para final de 2025, 12,50% para 2026 e 10,50% para 2027 (Focus, 2025).

6.3. Combinação dos casos

Em terceiro lugar, foi considerado um modelo que combina ambas as premissas: **i)** Redução de tempo de obra e **ii)** Economia de obra (consequentemente ganho de margem de lucro a nível de projeto). Em termos de curva de obra, a relação se mantém as premissas estabelecidas no item 4.1, enquanto para as margens, também foram assumidas as mesmas premissas construídas no item 4.2. Na Figura 57 tem-se a comparação da receita versus custo nos dois modelos.

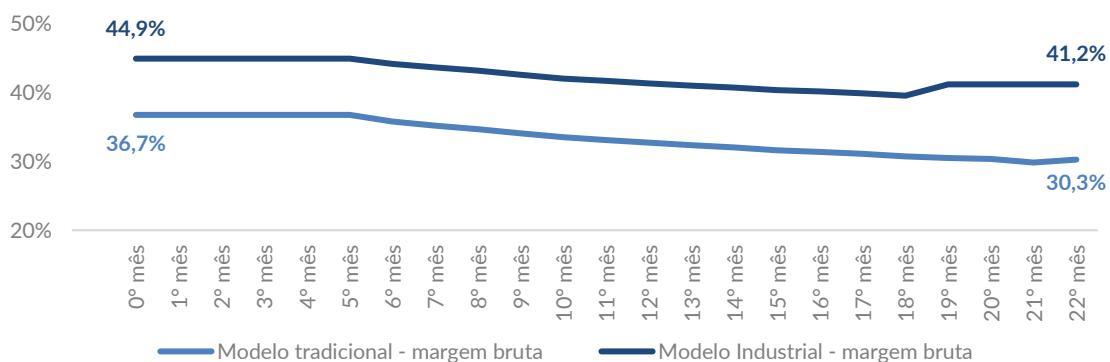
Figura 57: comparação da receita/custo com construção acumulados (modelo tradicional vs. industrial)



Fonte: Autor

Pela Figura 57, é possível observar como o modelo industrial, por meio da redução de custos e economia de obra, somada a uma aceleração da curva de obra, permitem um crescimento de receita mais acelerado no início do projeto, porém acompanhado de um acúmulo de custo no início da execução. Do mesmo modo, a redução nos custos de construção, possibilita, logo do início, uma expansão de margem, a qual ganha magnitude com o andamento do projeto. Na Figura 58 observa-se uma comparação da evolução da margem bruta para os dois modelos.

Figura 58: comparação da evolução da margem bruta (modelo tradicional vs. industrial)

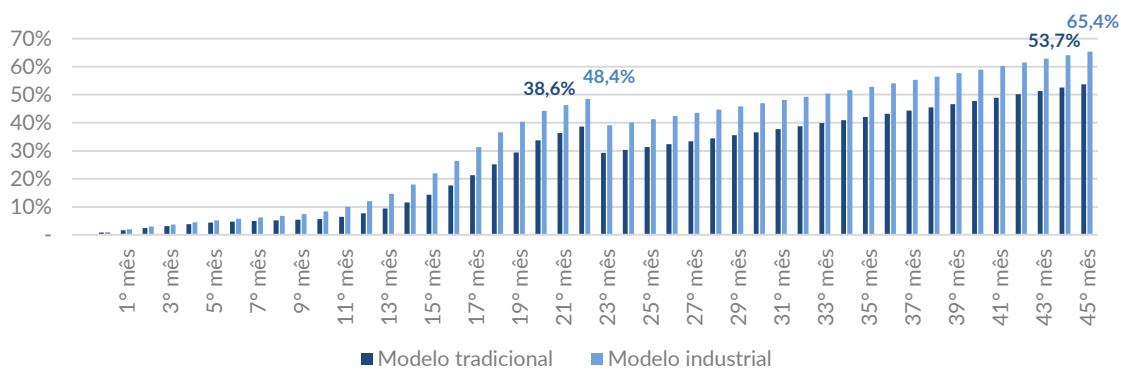


Fonte: Autor

Assim como observado, somente ajustada pela redução de custo, ao longo de todo o projeto, a margem bruta do projeto industrial se monstra superior a margem bruta do projeto que assume métodos tradicionais de construção. Por outro lado, ambas as margens apresentam comportamentos decrescentes ao longo da evolução do projeto. Isso pode ser explicado pelo descolamento da margem REF (margem à nível de orçamento de projeto) e

margem realizada, principalmente dado a inflação. Sem inflação, as margens teriam um comportamento constante, porém crescimentos de preço poderiam equilibrar essa pressão de inflação. Diferentemente da primeira comparação (somente com a redução de custo no modelo industrial), a combinação da expansão de margem com aceleração na curva de obra, permite uma recuperação de margem mais significativa ao final do projeto para o modelo industrial, a qual atinge 41,2% no novo modelo (vs. 39,0% no modelo industrial somente ajustado pela margem). A Figura 59 apresenta a comparação de geração de caixa acumulado nos dois modelos.

Figura 59: comparação da geração de caixa acumulado (modelo tradicional vs. industrial)



Fonte: Autor

Em termos de geração e acúmulo de caixa, diferentemente da comparação feita na Figura 48, mas parecida com a comparação feita na Figura 55 existe uma grande diferença no comportamento dos dois modelos. Essa métrica evidencia como a geração de caixa do projeto é fortemente impactada pela redução do custo com construção e ainda mais potencializada pela aceleração da curva de obra.

Para a análise da TIR, foram propostos dois parâmetros: i) aceleração da curva de obra e, ii) redução de custo. Pela métrica, foi realizada uma análise de sensibilidade ponderando os dois parâmetros considerando um investimento fixo de 4% do VGV e a evolução da construção do empreendimento, como mostra as Figuras 60, 61, 62.

As Figuras 60, 61 e 62 apresentam a sensibilidade da Taxa Interna de Retorno (TIR) frente a diferentes combinações entre a velocidade de execução da obra e o custo total de construção, permitindo avaliar como variações nesses parâmetros influenciam a rentabilidade do projeto ao longo dos meses 6–9, 12–15 e 18 de obra. De maneira consistente, observa-se que a TIR é altamente sensível ao custo de construção: aumentos progressivos no CapEx (de 40% para 48% do VGV) reduzem substancialmente o retorno,

enquanto custos mais controlados preservam ou ampliam a margem de rentabilidade. A velocidade de obra, por sua vez, exerce influência adicional, porém mais moderada, indicando que acelerar a construção só gera ganhos quando ocorre em meses estratégicos e quando o custo por metro quadrado está sob controle. O agrupamento das três matrizes evidencia um padrão claro: projetos com custos de construção elevados tornam-se rapidamente menos atrativos, independentemente da velocidade de execução, enquanto reduções de custo associadas a uma industrialização mais eficiente resultam em TIR's consistentemente superiores, mesmo em cenários de execução mais lenta. Em conjunto, as tabelas demonstram que o controle do custo direto, especialmente mão de obra, materiais e serviços terceirizados, é o fator mais determinante para a rentabilidade, reforçando o papel da industrialização como mecanismo de compressão de custos, previsibilidade e mitigação de risco.

Figura 60: TIR do projeto sensibilizando o 6º e o 9º mês de projeto

Velocidade de obra no 6º mês	Custo de construção (como % do VGV)					Velocidade de obra no 9º mês	Custo de construção (como % do VGV)				
	25,0%	40,0%	42,0%	44,0%	46,0%	48,0%	25,0%	40,0%	42,0%	44,0%	46,0%
0,9%	27,46%	26,20%	24,99%	23,80%	22,63%	5,3%	27,42%	26,17%	24,95%	23,76%	22,58%
1,2%	27,46%	26,20%	24,98%	23,79%	22,61%	5,8%	27,44%	26,18%	24,96%	23,77%	22,59%
1,5%	27,45%	26,19%	24,97%	23,78%	22,60%	6,1%	27,46%	26,19%	24,97%	23,78%	22,60%
1,8%	27,45%	26,19%	24,96%	23,76%	22,58%	6,4%	27,47%	26,21%	24,98%	23,78%	22,60%
2,1%	27,45%	26,18%	24,95%	23,75%	22,56%	6,7%	27,48%	26,22%	24,99%	23,79%	22,61%

Fonte: Autor

Figura 61: TIR do projeto sensibilizando o 12º e o 15º mês de projeto

Velocidade de obra no 12º mês	Custo de construção (como % do VGV)					Velocidade de obra no 15º mês	Custo de construção (como % do VGV)				
	25,0%	40,0%	42,0%	44,0%	46,0%	48,0%	25,0%	40,0%	42,0%	44,0%	46,0%
9,0%	27,42%	26,16%	24,93%	23,74%	22,56%	10,1%	27,43%	26,17%	24,95%	23,75%	22,57%
9,5%	27,44%	26,17%	24,95%	23,76%	22,58%	10,4%	27,44%	26,18%	24,96%	23,76%	22,58%
10,0%	27,45%	26,19%	24,97%	23,78%	22,60%	10,9%	27,45%	26,19%	24,97%	23,78%	22,60%
10,5%	27,47%	26,21%	24,99%	23,79%	22,61%	11,2%	27,46%	26,20%	24,98%	23,78%	22,61%
11,0%	27,49%	26,23%	25,01%	23,81%	22,63%	11,5%	27,47%	26,21%	24,99%	23,79%	22,62%

Fonte: Autor

Figura 62: TIR do projeto sensibilizando o 18º mês de projeto

Velocidade de obra no 18º mês	Custo de construção (como % do VGV)				
	25,0%	40,0%	42,0%	44,0%	46,0%
8,0%	27,44%	26,18%	24,96%	23,76%	22,58%
8,3%	27,45%	26,19%	24,96%	23,77%	22,59%
8,7%	27,45%	26,19%	24,97%	23,78%	22,60%
9,0%	27,46%	26,20%	24,98%	23,78%	22,60%
9,3%	27,46%	26,20%	24,98%	23,79%	22,61%

Fonte: Autor

Pela análise de sensibilidade, é possível observar os dois comportamentos analisados nos itens 4.1 e 4.2. Novamente a redução com custo de obra se mostrou determinante para a maior rentabilidade do projeto. Por outro lado, a imposição de um ritmo mais acelerado de obra no início da construção, não necessariamente remete a uma taxa de retorno maior se realizado nos primeiros meses de projeto.

Como principal conclusão da análise, foi observada uma TIR de 25,0% considerando um investimento de 4,0% do VGV para redução de custo do projeto e consequente expansão de margem. Para todos os intervalos de obra, a TIR máxima (engatilhada pelo menor custo do investimento e pela expansão de margem) chega a 27%, enquanto a menor TIR atinge 22%, o que torna o projeto economicamente viável ao ponderar os custos de oportunidade do país.

6.4. Teste de inflação

Diante do atual cenário de inflação, faz sentido também explorar até que ponto a industrialização do projeto se mostra sustentável e economicamente viável. Desse modo, foi realizada uma análise que considera o crescimento da inflação mês a mês com a finalidade de entender a viabilidade do projeto em níveis industriais.

Como premissas, foram assumidas as mesmas condições do item 4.3: i) Redução de tempo de obra e ii) Economia de obra (consequentemente ganho de margem de lucro a nível de projeto. Em termos de curva de obra, a relação se mantém às premissas estabelecidas no item 4.1, enquanto para as margens, também foram assumidas as mesmas premissas construídas no item 4.2. A Figura 63, 64, 65 traz a TIR do projeto considerando a inflação em diversos cenários.

Figura 63: TIR do projeto sensibilizando a inflação (modelo industrial combinado os dois cenários)

Crescimento de custo MoM											
2,0%	1,8%	1,6%	1,4%	1,2%	1,0%	0,8%	0,6%	0,4%	0,2%	0,0%	
25,0%	22,4%	22,8%	23,2%	23,6%	24,0%	24,4%	24,7%	25,0%	25,3%	25,6%	25,8%

Fonte: Autor

Ao analisar os dois cenários isolados, é possível observar comportamentos semelhantes e já esperados: expansão de TIR a medida que se reduz o custo de inflação.

Figura 64: TIR do projeto sensibilizando a inflação (modelo industrial com aceleração da curva de obra)

Crescimento de custo MoM											
	2,0%	1,8%	1,6%	1,4%	1,2%	1,0%	0,8%	0,6%	0,4%	0,2%	0,0%
20,3%	15,6%	16,5%	17,3%	18,0%	18,7%	19,2%	19,8%	20,3%	20,7%	21,2%	21,6%

Fonte: Autor

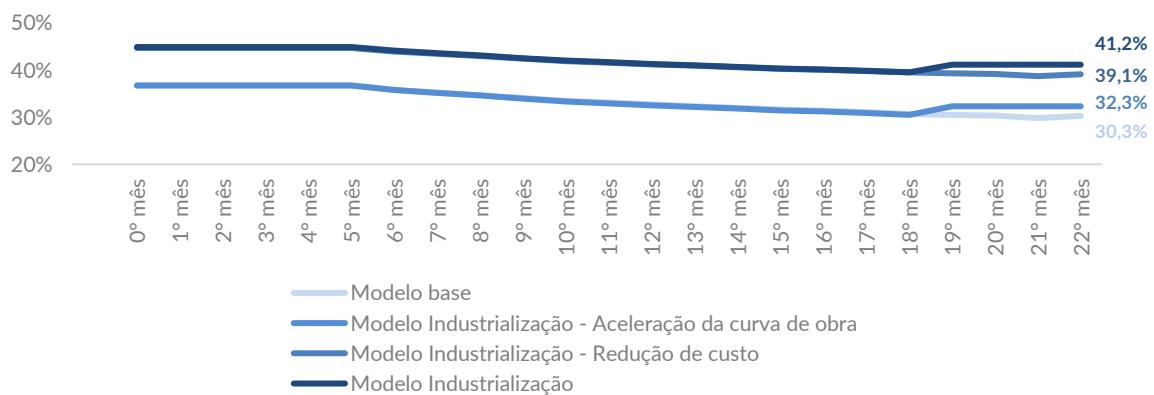
Figura 65: TIR do projeto sensibilizando a inflação (modelo industrial redução de custo)

Crescimento de custo MoM											
	2,0%	1,8%	1,6%	1,4%	1,2%	1,0%	0,8%	0,6%	0,4%	0,2%	0,0%
20,6%	18,0%	18,5%	18,9%	19,3%	19,7%	20,0%	20,3%	20,6%	20,9%	21,2%	21,4%

Fonte: Autor

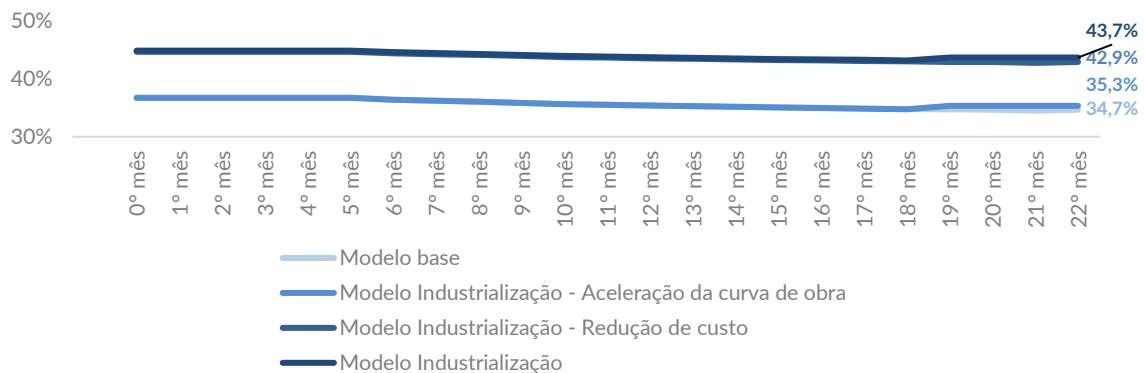
Por outro lado, é possível observar como o modelo que considera somente a aceleração de curva de obra é muito mais sensível ao crescimento de inflação (amplitude de 600bps) quando comparado com o modelo que projeta uma expansão de margem (341bps) e o modelo que combina ambos os cenários (345bps). O que pode ser explicado pelo fato de como a curva de obra tangencia a exposição do projeto a diferentes quadros de inflação. Desse modo, uma maior duração do projeto não necessariamente significa uma menor rentabilidade do empreendimento, principalmente dependendo da inflação do período e de como a empresa vende e repassa preço durante a incorporação. Em termos de margens, o comportamento é semelhante como pode ser observado nas Figuras 66, 67 e 68.

Figura 66: comparação da evolução da margem bruta (inflação a 0,6%)



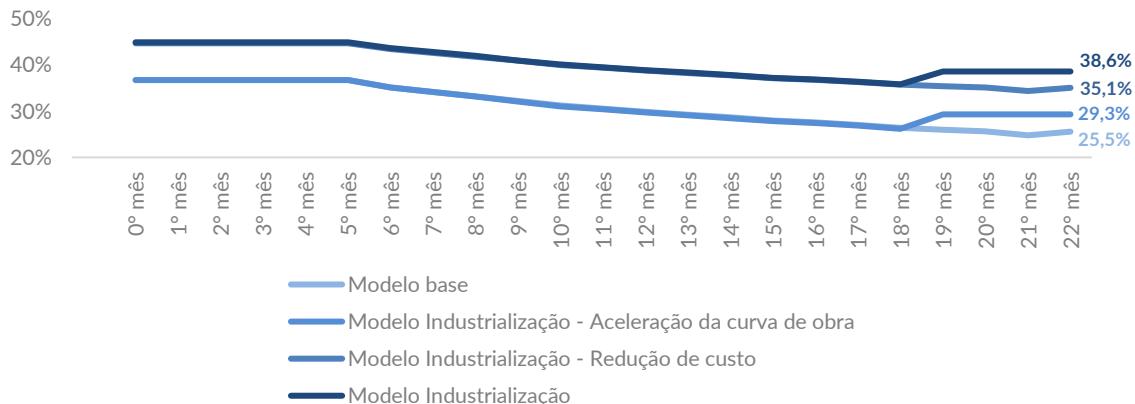
Fonte: Autor

Figura 67: comparação da evolução da margem bruta (inflação a 0,2%)



Fonte: Autor

Figura 68: comparação da evolução da margem bruta (inflação a 1,0%)



Fonte: Autor

Apesar de comportamentos e tendências semelhantes ao longo da maioria do projeto, nota-se que o diferencial de margem entre os modelos aumenta significativamente a medida que a inflação de custos aumenta, no decorrer da execução da obra.

Realizando a mesma análise de sensibilidade para as margens, observa-se nas Figuras 69, 70 e 71.

Figura 69: Margem do projeto sensibilizando a inflação (modelo industrial combinado os dois cenários)

Crescimento de custo MoM										
2,0%	1,8%	1,6%	1,4%	1,2%	1,0%	0,8%	0,6%	0,4%	0,2%	0,0%
41,2%	31,5%	33,0%	34,4%	35,9%	37,2%	38,6%	39,9%	41,2%	42,5%	43,7%

Fonte: Autor

Ao analisar os dois cenários isolados, é possível observar comportamentos semelhantes e já esperados: expansão de margem a medida que se reduz o custo de inflação.

Figura 70: Margem do projeto sensibilizando a inflação (modelo industrial com redução de custo)

Crescimento de custo MoM											
	2,0%	1,8%	1,6%	1,4%	1,2%	1,0%	0,8%	0,6%	0,4%	0,2%	0,0%
39,1%	23,5%	26,0%	28,4%	30,7%	32,9%	35,1%	37,1%	39,1%	41,1%	42,9%	44,7%

Fonte: Autor

Figura 71: Margem do projeto sensibilizando a inflação (modelo industrial com aceleração de curva de obra)

Crescimento de custo MoM											
	2,0%	1,8%	1,6%	1,4%	1,2%	1,0%	0,8%	0,6%	0,4%	0,2%	0,0%
32,3%	20,8%	22,6%	24,4%	26,0%	27,7%	29,3%	30,9%	32,4%	33,9%	35,3%	36,7%

Fonte: Autor

Por outro lado, diferentemente da ótica de TIR, é possível observar como o modelo que considera somente a aceleração de curva de obra é menos sensível ao crescimento de inflação (amplitude de 1588bps). Ao comparar com o modelo que projeta uma expansão de margem (amplitude de 2116bps), a sensibilidade se monstra mais controlada. Por outro lado, o modelo é mais sensível em relação ao modelo que combina ambos os cenários (amplitude de 1344bps). Ao mesmo tempo, nota-se que o modelo que combina os dois cenários se monstra muito mais sustentável ao apresentar margens brutas superiores a 31,5% em quadros mais altos de inflação, diferentemente dos modelos que avaliam os ganhos com industrialização de forma isolada. Porém, todos os modelos apresentam margens superiores ao modelo base que tem a maior sensibilidade (2461bps), conforme Figura 72.

Figura 72: Margem do projeto sensibilizando a inflação (modelo industrial com aceleração de curva de obra)

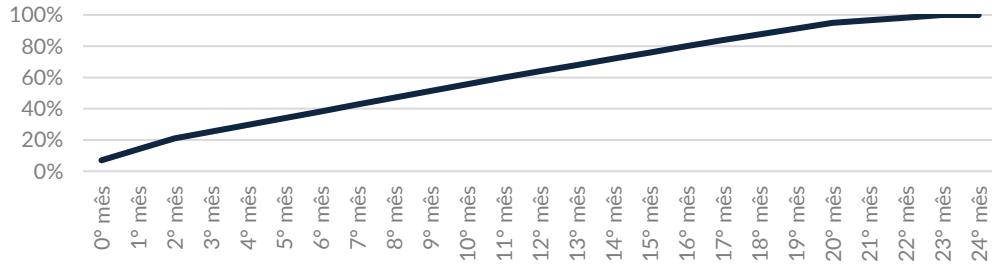
Crescimento de custo MoM											
	2,0%	1,8%	1,6%	1,4%	1,2%	1,0%	0,8%	0,6%	0,4%	0,2%	0,0%
30,3%	12,1%	15,0%	17,8%	20,5%	23,0%	25,5%	27,9%	30,3%	32,5%	34,7%	36,7%

Fonte: Autor

6.5. Aceleração de vendas

Pelas análises realizadas, percebe-se que a aceleração da curva de obra por si não necessariamente é tão rentável e economicamente sustentável. Como descrito anteriormente, isso pode ser explicado pelo fato de que a curva de vendas, nas projeções realizadas, não necessariamente acompanhou a aceleração da curva de obras. Pela contabilidade do PoC, ambos os parâmetros precisam caminhar juntos. Assim, as Figura 73 e 74 apresenta esses dados.

Figura 73: curva de vendas de um modelo tradicional de construção



Fonte: Relação com investidores das companhias listadas do setor

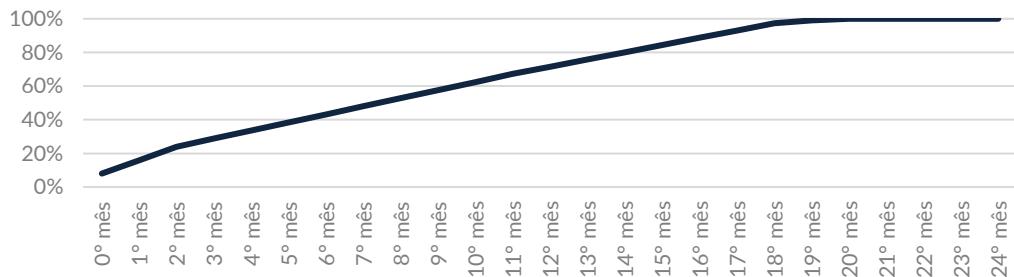
Figura 74: curva de vendas de um modelo tradicional de construção (tabela desacumulada)

Mês	Evolução das vendas		Evolução das vendas
	Mês	Mês	
0°	7%	12°	4%
1°	7%	13°	4%
2°	7%	14°	4%
3°	4%	15°	4%
4°	4%	16°	4%
5°	4%	17°	4%
6°	4%	18°	4%
7°	4%	19°	4%
8°	4%	20°	4%
9°	4%	21°	2%
10°	4%	22°	2%
11°	4%	23°	2%

Fonte: Relação com investidores das companhias listadas do setor

Para o novo modelo, continuamos com a premissa de início das vendas logo a partir do 1º mês do início do empreendimento, porém finalizada no 21º de do projeto. O ritmo das vendas já passa por uma aceleração desde o início do empreendimento e apresenta uma taxa de vendas mais alta em todos os períodos do projeto, como evidencia as Figuras 75 e 76.

Figura 75: curva de vendas de um modelo tradicional de construção



Fonte: Relação com investidores das companhias listadas do setor e premissas do autor

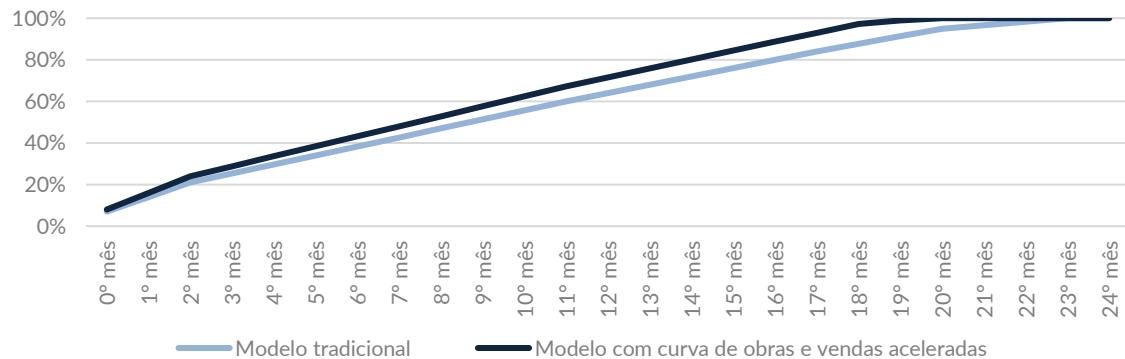
Figura 76: curva de vendas de um modelo industrial de construção (tabela desacumulada)

Mês	Evolução das vendas	Mês	Evolução das vendas
0°	8,0%	12°	4,3%
1°	8,0%	13°	4,3%
2°	8,0%	14°	4,3%
3°	4,8%	15°	4,3%
4°	4,8%	16°	4,3%
5°	4,8%	17°	4,3%
6°	4,8%	18°	4,3%
7°	4,8%	19°	1,7%
8°	4,8%	20°	1,0%
9°	4,8%	21°	-
10°	4,8%	22°	-
11°	4,8%	23°	-

Fonte: Relação com investidores das companhias listadas do setor e premissas do autor

Comparando as duas curvas, o novo modelo apresenta vendas mais aceleradas e com menor prazo de duração. Em termos operacionais, permite uma entrada de caixa mais antecipada e rápida para a companhia, como mostra a Figura 77

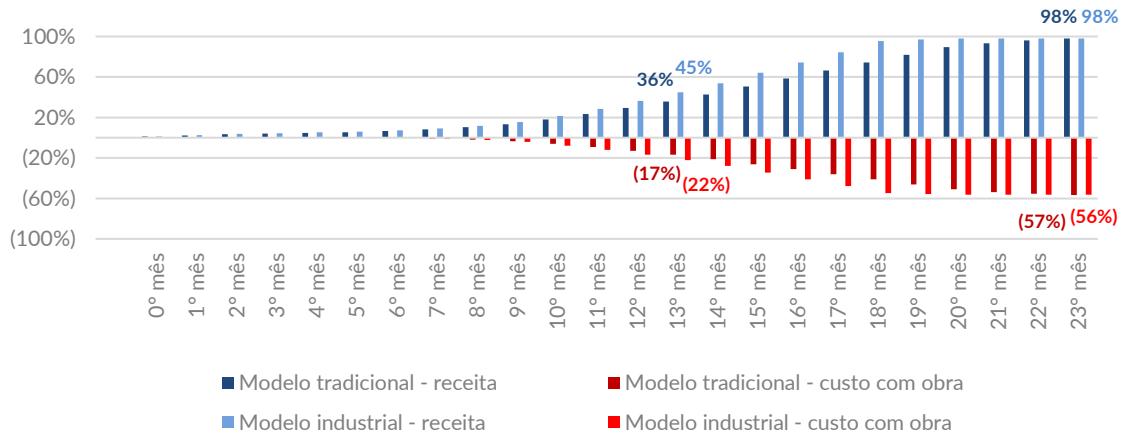
Figura 77: curva de vendas de um modelo tradicional de construção



Fonte: Relação com investidores das companhias listadas do setor e premissas do autor

Apesar da sútil diferença na curva de obra, essa imposição de ritmo e redução de prazo, gera impactos financeiros completamente determinantes nas companhias, principalmente em termos de receita, custos com construção (consequentemente margens) e geração de caixa. A Figura 78 mostra essa comparação.

Figura 78: comparação da receita e custo com construção acumulados (modelo tradicional vs. industrial – obra e vendas)



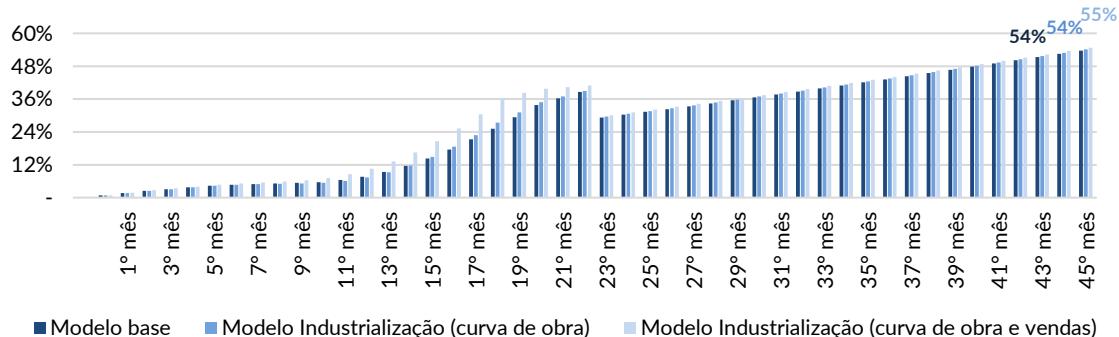
Fonte: Autor

Pela Figura 78, é possível observar como o modelo industrial, por meio da maior velocidade da curva de obras, em conjunto com uma maior velocidade de vendas, permite um crescimento de receita mais acelerado no início do projeto, mas não necessariamente acumula mais receita que o modelo tradicional.

Do mesmo modo, o modelo industrial, por apresentar uma maior intensidade de ritmo de construção no início do empreendimento, também exige maiores custos com construção no início da obra, porém sem necessariamente acumular mais custos do que o modelo tradicional. Pelo contrário, por ser uma obra cronologicamente menos exposta à inflação, o modelo de construção industrial permite um acúmulo menor de custos de construção ao longo da execução do projeto, principalmente no médio, longo prazo. Ao mesmo tempo, por apresentar um maior ritmo de Poc, o novo modelo apresenta maior acúmulo tanto de receitas quanto custo com obras logo do desenvolvimento do projeto.

Em termos de geração e acúmulo de caixa, ambos os modelos apresentam comportamentos significativamente semelhantes. Tal métrica evidencia como a geração de caixa do projeto não é necessariamente impactada pela aceleração da curva de obra, uma vez que além de construir mais rápido, a empresa precisa, ao mesmo passo, vender mais rápido, principalmente quando construção e vendas caminham juntas. A Figura 79 apresenta essa comparação de geração de caixa acumulado.

Figura 79: comparação da geração de caixa acumulado (modelo tradicional vs. industrial)



Fonte: Autor

Pela métrica da TIR, foi realizada uma análise de sensibilidade ponderando a velocidade de vendas e a evolução da construção do empreendimento. Ao mesmo tempo, foi considerado um investimento inicial de 4% do VGV.

Figura 80: TIR do projeto sensibilizando o 6º e o 9º mês de projeto

Velocidade de obra no 6º mês	Velocidade de vendas no 6º mês do projeto						Velocidade de obra no 9º mês	Velocidade de vendas no 9º mês do projeto					
	23,0%	4,0%	4,4%	4,8%	5,2%	5,6%		23,0%	4,0%	4,4%	4,8%	5,2%	5,6%
0,9%	22,74%	22,87%	23,00%	23,13%	23,26%		5,3%	22,73%	22,84%	22,95%	23,06%	23,17%	
1,2%	22,72%	22,86%	22,99%	23,12%	23,25%		5,8%	22,74%	22,86%	22,97%	23,08%	23,19%	
1,5%	22,71%	22,84%	22,98%	23,11%	23,24%		6,1%	22,75%	22,87%	22,98%	23,09%	23,20%	
1,8%	22,69%	22,83%	22,96%	23,10%	23,23%		6,4%	22,76%	22,87%	22,99%	23,10%	23,21%	
2,1%	22,68%	22,81%	22,95%	23,08%	23,22%		6,7%	22,77%	22,88%	22,99%	23,11%	23,22%	

Fonte: Autor

Figura 81: TIR do projeto sensibilizando o 12º e o 15º mês de projeto

Velocidade de obra no 12º mês	Velocidade de vendas no 12º mês do projeto						Velocidade de obra no 15º mês	Velocidade de vendas no 15º mês do projeto					
	23,0%	3,5%	3,9%	4,3%	4,7%	5,1%		23,0%	3,5%	3,9%	4,3%	4,7%	5,1%
9,0%	22,77%	22,85%	22,94%	23,02%	23,10%		10,1%	22,84%	22,89%	22,95%	23,00%	23,06%	
9,5%	22,79%	22,87%	22,96%	23,04%	23,12%		10,4%	22,85%	22,90%	22,96%	23,01%	23,07%	
10,0%	22,81%	22,89%	22,98%	23,06%	23,14%		10,9%	22,86%	22,92%	22,98%	23,03%	23,09%	
10,5%	22,83%	22,91%	23,00%	23,08%	23,16%		11,2%	22,87%	22,93%	22,99%	23,04%	23,10%	
11,0%	22,85%	22,93%	23,02%	23,10%	23,18%		11,5%	22,88%	22,94%	23,00%	23,05%	23,10%	

Fonte: Autor

Figura 82: TIR do projeto sensibilizando o 18º mês de projeto

Velocidade de obra no 18º mês	Velocidade de vendas no 18º mês do projeto					
	23,0%	3,5%	3,9%	4,3%	4,7%	5,1%
8,0%	22,90%	22,93%	22,96%	22,99%	23,03%	
8,3%	22,90%	22,93%	22,97%	23,00%	23,03%	
8,7%	22,91%	22,94%	22,98%	23,01%	23,04%	
9,0%	22,92%	22,95%	22,98%	23,01%	23,05%	
9,3%	22,92%	22,95%	22,99%	23,02%	23,05%	

Fonte: Autor

Pela análise de sensibilidade, é possível observar duas tendências. Primeiramente, assim como na seção 6.1, entende-se que a imposição de um ritmo mais acelerado de obra no início da construção, não necessariamente remete a uma taxa de retorno maior se realizado nos primeiros meses de projeto. Esse comportamento pode ser explicado pelo fato da aceleração da obra não necessariamente ser acompanhada pela aceleração em vendas. Por outro lado, acelerar a obra no final do projeto se mostra como uma estratégia que resulta em uma maior rentabilidade se realizada no final do empreendimento. Tal fenômeno pode ser explicado pelo fato de se tratar de um momento final de obra, e consequentemente, focado em uma fase de detalhamento e conclusão do empreendimento. Tais períodos costumam ser decisivos para as incorporadoras, principalmente por se tratar de uma fase mais exigente em termos de complexidade e na qual existe um salto representativo das vendas realizadas.

Ao mesmo tempo, acelerar a velocidade de vendas da obra se mostra uma estratégia eficaz em termos de rentabilidade durante todo período de execução. Somado a isso, o impacto de aceleração de vendas se apresenta mais significativo quando comparado a aceleração de obra, dada a amplitude dos retornos observados. Por outro lado, acelerar vendas não é necessariamente a melhor estratégia para uma construtora principalmente pensando no segmento de baixa renda. O que pode ser explicado pelo fato de que, nos programas sociais de habitação, o preço de venda de um projeto fica travado no próprio momento da transação. Desse modo, a empresa fica mais exposta a inflação na medida que acelera vendas intensamente no início do projeto, sem capacidade de recuperar esse crescimento de custo com crescimento de preços dos seus produtos.

Como principal conclusão da análise, foi observada uma TIR de 23.0% considerando um investimento de 4.0% do VGV para aceleração da curva de obra e aceleração de vendas do projeto. Para todos os intervalos de obra, a TIR máxima chega a 23.2%, enquanto a menor TIR atinge 22.7%, o que ainda torna o projeto viável, mesmo no médio/longo prazo ao pensar nas projeções futuras da Selic: 14,75% para final de 2025, 12,50% para 2026 e 10,50% para 2027 (Focus, 2025).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente monografia analisou os impactos operacionais e financeiros da industrialização no setor de construção civil brasileiro, com ênfase em cenários inflacionários e na escassez de mão de obra, desafios que moldam as estratégias das construtoras e incorporadoras. A seção de resultados (item 4) forneceu evidências sobre como diferentes abordagens de industrialização afetam a eficiência operacional e a rentabilidade, medidas principalmente pela Taxa Interna de Retorno (TIR) e pela contabilidade pelo método *Percentage of Completion* (PoC). Essas descobertas permitem tirar conclusões relevantes e propor reflexões para o futuro do setor.

A análise da redução de tempo de obra (seção 6.1) mostrou que acelerar o ritmo de construção, especialmente nos estágios iniciais, não garante maior rentabilidade se não for acompanhada por uma aceleração proporcional nas vendas. Esse comportamento, explicado pela lógica do PoC, destaca a interdependência entre a execução da obra e a comercialização das unidades. No entanto, a aceleração em fases finais do projeto mostrou-se mais eficaz, pois coincide com períodos de maior complexidade técnica e detalhamento, além de um aumento significativo nas vendas, resultando em impactos positivos na TIR. Esse achado sugere que estratégias de industrialização, como o uso de pré-moldados e automação, devem ser planejadas para otimizar os estágios finais, onde a eficiência operacional pode maximizar o retorno financeiro.

A economia de obra (seção 6.2) revelou que a adoção de métodos industrializados, como sistemas modulares e processos automatizados, pode reduzir significativamente os custos operacionais, especialmente aqueles relacionados à mão de obra, que têm pressionado o Índice Nacional de Custo da Construção (INCC). Contudo, os resultados indicam que a economia gerada por esses métodos é mais pronunciada em projetos de baixa renda, onde a padronização é mais consolidada, do que em empreendimentos de média e alta renda, que priorizam personalização e exclusividade. Esse contraste reforça a necessidade de estratégias diferenciadas por segmento, com maior investimento em tecnologias escaláveis para projetos de grande volume e em soluções híbridas para empreendimentos de maior valor agregado.

A combinação de casos (seção 6.3) destacou que a integração de redução de tempo de obra e economia de custos potencializa os resultados financeiros, mas exige um planejamento rigoroso para alinhar a curva de obra com a curva de vendas. A análise de sensibilidade realizada mostrou que a TIR pode variar significativamente (de 22,7% a 23,2%) dependendo do grau de sincronia entre esses fatores, evidenciando a importância de modelos preditivos e ferramentas como o *Building Information Modeling* (BIM) para otimizar a gestão de projetos. Esses resultados reforçam que a industrialização não é uma solução universal, mas uma estratégia que deve ser

adaptada às particularidades de cada empreendimento e ao contexto econômico.

O teste de inflação (seção 6.4) confirmou que o aumento do INCC, impulsionado principalmente pelo custo de mão de obra, representa um risco significativo para as margens das construtoras. A simulação de diferentes cenários inflacionários mostrou que empresas que operam com boas margens de segurança e adotam tecnologias para reduzir a dependência de trabalho intensivo conseguem mitigar melhor os impactos da inflação. Esse achado é particularmente relevante em um contexto de drenagem da força de trabalho para setores menos exigentes, como serviços digitais e logística, fenômeno intensificado pela "uberização" do trabalho (ILO, 2021). Assim, investimentos em automação e na capacitação de mão de obra especializada surgem como medidas estratégicas para a sustentabilidade financeira do setor.

Por fim, a aceleração de vendas (item 4.5) emergiu como o fator mais determinante para a rentabilidade, com impactos significativos na TIR do que a aceleração da obra. A análise de sensibilidade indicou que estratégias que intensificam as vendas ao longo de todo o projeto, especialmente em momentos de maior absorção de mercado, podem elevar a TIR até 23,2%, considerando um investimento inicial de 4% do Valor Geral de Vendas (VGV). Contudo, no segmento de baixa renda, a aceleração de vendas pode aumentar a exposição à inflação, já que os preços são fixados no início do projeto, limitando a capacidade de repassar custos adicionais. Esse dilema reforça a necessidade de estratégias comerciais alinhadas às características a segmento e às projeções de inflação, que impacta o financiamento imobiliário e o comportamento do mercado.

A pesquisa apresenta algumas limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. A qualidade dos dados secundários está diretamente relacionada à disponibilidade e à confiabilidade das informações financeiras divulgadas pelas empresas analisadas, o que pode restringir a profundidade das análises quando determinados dados não são apresentados de forma padronizada. Além disso, a amostra de entrevistas pode ter sido limitada pelo número de construtoras e incorporadoras dispostas a compartilhar informações estratégicas, o que pode reduzir a representatividade de algumas percepções setoriais. Por fim, as simulações de cenários inflacionários utilizam projeções do INCC, que, embora amplamente reconhecidas, estão sujeitas a variações e incertezas macroeconômicas, podendo não refletir integralmente as flutuações futuras dos custos da construção civil.

O presente estudo oferece contribuições relevantes tanto para a literatura quanto para a prática empresarial no setor de construção civil. Do ponto de vista acadêmico, o trabalho amplia a compreensão sobre a interação entre industrialização, inflação e desempenho financeiro, integrando modelos operacionais (curvas de obra) e modelos financeiros (TIR e PoC), o que ainda é pouco explorado na produção científica brasileira. Ao demonstrar empiricamente como a

sincronia entre obra e vendas influencia a rentabilidade, a pesquisa reforça a importância de análises interdisciplinares que combinem engenharia de produção, economia da construção e finanças corporativas. Do ponto de vista prático, o estudo oferece insights estratégicos para construtoras e incorporadoras, ao evidenciar que a industrialização não deve ser vista apenas como uma evolução tecnológica, mas como uma ferramenta de gestão de risco em ambientes inflacionários e de escassez de mão de obra. As análises também contribuem para a tomada de decisão ao indicar quais estratégias são mais adequadas para cada segmento (baixa, média e alta renda), permitindo maior precisão no planejamento de novos empreendimentos.

A partir dos resultados apresentados, recomenda-se que estudos futuros aprofundem a investigação sobre os impactos tributários e regulatórios da industrialização, especialmente considerando os desdobramentos da Reforma Tributária no setor imobiliário. Pesquisas que incorporem séries temporais mais longas ou modelos econométricos podem contribuir para analisar com maior precisão a relação entre inflação, produtividade e custos operacionais. Além disso, estudos de caso comparativos envolvendo construtoras que já adotam tecnologias off-site em larga escala podem fornecer evidências mais robustas sobre ganhos reais de eficiência e redução de desperdícios. Pesquisas futuras também poderiam avaliar a aceitação do consumidor em projetos altamente industrializados, especialmente nos segmentos de média e alta renda, onde a personalização possui maior valor percebido. Por fim, recomenda-se o desenvolvimento de modelos integrados que combinem BIM, simulações 4D/5D e análise financeira avançada, permitindo prever com maior acurácia o impacto de decisões construtivas na rentabilidade dos empreendimentos.

Em síntese, a industrialização da construção civil brasileira oferece oportunidades para enfrentar os desafios relacionados a escassez de mão de obra, mas sua eficácia depende de uma abordagem integrada que combine eficiência na execução, gestão de custos e estratégias comerciais. Os resultados sugerem que construtoras e incorporadoras devem investir em tecnologias que reduzam a dependência de mão de obra intensiva, como automação e pré-fabricação, enquanto desenvolvem modelos de negócio que sincronizem obra e vendas. Para o segmento de baixa renda, a consolidação de métodos industrializados é um caminho promissor, enquanto no segmento de média e alta renda, há espaço para inovações que equilibrem personalização e escalabilidade.

8. REFERÊNCIAS

ABIKO, Alex; CARDOSO, Fausto; GONÇALVES, Luiz. **Construção habitacional: novos conceitos e tecnologias.** São Paulo: Pini, 2005.

ASBEA – Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura. **Manual de escopo para BIM aplicado à arquitetura.** São Paulo: ASBEA, 2013.

BARBOSA, André Luis. **Indústria 4.0 na construção civil e técnicas construtivas sustentáveis para habitações de interesse social.** ResearchGate, 2023.

BARBOSA, G. C.; QUALHARINI, E. L. **Coordenação modular e padronização de componentes em sistemas construtivos industrializados.** Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 87-98, abr./jun. 2005.

BLACHERE, Guy. **A industrialização da construção.** São Paulo: Perspectiva, 1977.

BRITO, Laís Cristina de. **A construção civil brasileira na década de 1990.** Belo Horizonte: CEFET-MG, 2018.

CASTELO, Ana Maria. **Sondagem da construção civil 2024.** FGV IBRE, 2024.

CEOTTO, Edison. **Industrialização e produtividade na construção civil.** São Paulo: Pini, 2021.

DE MELO, Wanderson Fábio. **A construção civil no Brasil durante o regime militar.** Revista ET, CEFET-MG, 2013.

ELLIOT, Keith. **Modern methods of construction in Europe.** London: Build Europe, 2002.

FERREIRA, João. In: SERRA, Sérgio M. et al. **Industrialização na construção civil.** São Paulo: PINI, 2005.

FILHA, Maria Aparecida T.; et al. **Industrialização da construção civil brasileira.** Rio de Janeiro: BNDES, 2009.

GARCIA, Pietro. **História da arquitetura europeia.** Lisboa: Instituto de Arquitetura Moderna, 2019.

GELTNER, David M. et al. **Commercial real estate analysis and investments.** 2. ed. Mason: South-Western, 2007.

GOMES, Luiz Carlos; EID JR., William. **Contabilidade para incorporações imobiliárias.** São Paulo: Atlas, 2013.

GONÇALVES, Alexandre Tadeu Navarro Pereira; BICALHO, Luiz Gustavo A. S. **Tributação das operações imobiliárias.** 2. ed. São Paulo: Quartier Latin, 2022.

- GREVEN, Olaf. **Coordenação modular na construção civil.** Frankfurt: MCM Verlag, 2000.
- IBRACON – Instituto Brasileiro do Concreto. **Manual de tecnologia do concreto.** São Paulo, 2017.
- JOHNSON, Peter. **The evolution of American buildings.** New York: Modern City Press, 2018.
- LÉVY, Paul. **Construção 4.0: automação e sustentabilidade na Europa.** Paris: Université de Technologie, 2023.
- LI, Hongwei. **Modern construction in China after 1949.** Beijing: Tsinghua Press, 2020.
- LUCINI, Sérgio. **Modulação e construção racionalizada.** Porto Alegre: UFRGS, 2001.
- MARTIN, Klaus. **Gothic architecture in Europe.** Berlin: Heritage Books, 2016.
- MILES, Mike et al. **Real estate development: principles and process.** 5. ed. Washington: ULI, 2015.
- PACHECO, Wilson Jr. **O papel do BNH na construção habitacional no Brasil.** São Paulo: Fundação SEADE, 2020.
- PARLIAMENTARY OFFICE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY. **Modern Methods of Construction (MMC).** Postnote n. 209. Londres, 2003.
- PRICEWATERHOUSECOOPERS. **Applying IFRS: Revenue from Contracts with Customers (IFRS 15).** London, 2018.
- RIBEIRO, Nelson; PORTO. **História e construção do Brasil.** São Paulo, ANPUH, 2011.
- RIBEIRO, Sergio. **Coordenação modular e padronização construtiva.** São Paulo: PINI, 2002.
- ROSSO, Maurício. **Normalização na construção racionalizada.** São Paulo: IPT, 1990.
- SAMPIERI, Roberto H. **Metodologia de pesquisa.** 3. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.
- SEMENSATO, Mercia Maria. **Impacto do BIM na construção civil.** São Carlos: UFSCar, 2013.
- SMITH, Daniel. **Colonial homes and American building traditions.** Boston: Heritage Publishers, 2015.
- SOUZA, Lourdes Oliveira de. **Imigração e mão de obra na construção civil**

brasileira. UFPA, 2017.

SOUZA, Lourdes; Oliveira. **Perfil do Trabalhador da Construção Civil da Região Metropolitana de Belém**. Belém, UFPA, 2017

SPADETO, Tatiana Freitas. **Industrialização e sustentabilidade em habitações populares**. UFES, 2011.

THOMAS, Antônio P. N. **História e evolução da construção civil no Brasil**. USP, 2005.

THOMPSON, Michael. **Industrial construction techniques in the 19th century**. Oxford: Clarendon Press, 2021.

TOMASI, Antônio. **A modernização da Construção Civil e os impactos sobre a formação do engenheiro no contexto atual de mudanças**. Belo Horizonte, Educ. Tecnol, 2005

VERA, Francisco. **Metodologia da pesquisa científica**. São Paulo: Atlas, 1992.

WANG, Xian. **Green construction**. Shanghai: Fudan University Press, 2023.

WILLIAMS, John. **Post-war American construction**. Chicago: University of Chicago Press, 2020.

ZELMAN, William et al. **Financial management of real estate development**. 2. ed. Chicago: Urban Land Institute, 2012.

ZHANG, Wei. **Chinese historical architecture and modern industry**. Beijing: China Architecture & Building Press, 2017.