



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS TERESINA ZONA SUL
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

TIAGO ANDRÉ DOS SANTOS GOMES COSTA

**INDICADORES DE PROJETO EM EDIFÍCIOS ALTOS DE ALVENARIA
ESTRUTURAL: ABORDAGEM VISUAL COM DASHBOARDS**

TERESINA

2025

TIAGO ANDRÉ DOS SANTOS GOMES COSTA

INDICADORES DE PROJETO EM EDIFÍCIOS ALTOS DE ALVENARIA
ESTRUTURAL: ABORDAGEM VISUAL COM DASHBOARDS

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de Bacharelado em
Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Teresina
Zona Sul

Orientador: Prof. Dr. Ailton Soares Freire

TERESINA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Costa, Tiago André dos Santos Gomes

C837i Indicadores de projeto em edifícios altos de alvenaria estrutural :
abordagem visual com dashboards / Tiago André dos Santos Gomes Costa. -
2025.
114 f.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) -
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus
Teresina Zona Sul, 2025.

Orientador : Prof Dr. Ailton Soares Freire.

1. indicadores de projeto. 2. dashboards. 3. alvenaria estrutural. I. Título.

CDD - 624

Elaborado por Rudney do Carmo Paz CRB 3/1117

TIAGO ANDRÉ DOS SANTOS GOMES COSTA

INDICADORES DE PROJETO EM EDIFÍCIOS ALTOS DE ALVENARIA
ESTRUTURAL: ABORDAGEM VISUAL COM DASHBOARDS

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de Bacharelado em
Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Teresina
Zona Sul

Aprovada em: 23 / 01 / 2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ailton Soares Freire (Orientador)
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Dr. Wallison Angelim Medeiros
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Esp. Gilberto Gomes da Silva
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

À minha mãe pelo apoio incondicional
em todas as etapas desse ciclo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por todas as bênçãos derramadas em minha vida durante todo o meu percurso acadêmico, sem sua proteção, seu amor e sua bondade constante, nada seria possível.

Agradeço a minha mãe, Francisca das Chagas, pelo suporte em todas as etapas da minha vida até este ponto, por todos os conselhos e as orientações, bem como pelo afeto e pelo amor sem medidas comigo, que sempre esteve presente em todos os momentos que eu mais necessitei, sendo a minha maior incentivadora.

Agradeço a minha tia, Maria Antônia, a qual tem um papel muito importante em minha vida, sendo minha mentora, minha orientadora, minha segunda mãe, meu maior alicerce espiritual. A minha avó Susana, agradeço pelo apoio e pelo amor em toda a minha vida, você é muito especial para mim.

Também, à família Silva, Roldão, Marlene, Gleyciane, Keyliane, Mayko, Fábio e Teresinha, vocês são a família que Deus me deu, agradeço imensamente por tudo que fizeram e que fazem por mim e pela minha casa.

Ao meu pai, Fábio Costa, agradeço pelo apoio e pelo carinho demonstrado por mim nestes últimos anos, mesmo que distante, bem como às minhas irmãs Lavínia e Sofia e à minha madrastra, Márcia Coelho, vocês são especiais.

Ao professor Ailton Freire, agradeço pelo suporte com todos os alunos desde o início, pela orientação durante o desenvolvimento desta monografia, pelas conversas sinceras e honestas, por ser um mestre dentro e fora de sala, bem como por um ser humano resoluto, simpático, paciente, determinado e empático.

Ao professor Wallison Medeiros, pelo suporte no desenvolvimento dessa pesquisa, com o fornecimento de dados cruciais, agradeço imensamente.

Também, agradeço imensamente ao Eng. Welder Torres por sempre ser uma inspiração de profissional e de ser humano para mim, o qual atuou como um mentor, com incentivos e conselhos para minha evolução diária.

Aos meus colegas de turma e de trabalho, os quais deixaram os cálculos, os trabalhos e os projetos bem mais leves durante todo o percurso com conversas sinceras, risadas e parcerias verdadeiras: Juliany Moura, Alberto Bona, Ismara Machado, Antonio Neto, Lysia Dantas, Angelo Miguel e Ana Paula Soares.

Aos meus colegas, amigos, familiares e irmãos em Cristo que, mesmo de longe, me apoiaram em cada etapa e celebraram cada vitória, agradeço muito.

"O objetivo é transformar dados em
informação e informação em entendimento."

Carly Fiorina

RESUMO

Este estudo tem como principal objetivo desenvolver indicadores de projeto em edifícios altos de alvenaria estrutural, com a utilização de dashboards como uma abordagem visual dos dados. Para tanto, foram analisados projetos de 32 edifícios entre 10 e 20 pavimentos dos estados de São Paulo (SP) e do Rio de Janeiro (RJ). Nessa análise, as edificações foram divididas em três grupos conforme a quantidade de pavimentos: 10-13, 14-16 e 17-20. Após isso, foram calculados parâmetros estatísticos como média, desvio padrão, variância, bem como valores máximos e mínimos para cada grupo de indicadores com o propósito de identificar padrões e diferenças entre eles. Em seguida, foram desenvolvidos e criados dashboards para análise crítica e visual dos indicadores, organizados em abas para cada tipo de índice. Os resultados evidenciaram variações distintas entre os tipos de indicadores. Enquanto os índices de graute tiveram uma dispersão quase desprezível entre os três grupos analisados, os índices de aço no graute demonstraram altos padrões de variabilidade, mostrando a especificidade de cada projeto. Por fim, concluiu-se que a utilização de dashboards otimiza a visualização e a compreensão das informações, complementando de maneira eficaz os métodos estatísticos.

Palavras-chave: indicadores de projeto; alvenaria estrutural; dashboards.

ABSTRACT

The main objective of this study was to develop design indicators for tall masonry buildings using dashboards as a visual approach to the data. To this end, projects from 32 buildings with between 10 and 20 floors in the states of São Paulo (SP) and Rio de Janeiro (RJ) were analyzed. In this analysis, the buildings were divided into three groups according to the number of floors: 10-13, 14-16, and 17-20. After that, statistical parameters such as mean, standard deviation, variance, as well as maximum and minimum values were calculated for each group of indicators, to identify patterns and differences between them. Then, dashboards were developed and created for critical and visual analysis of the indicators, organized in tabs for each index type. The results showed distinct variations between the types of indicators. While the grout indexes had an almost negligible dispersion between the three groups analyzed, the steel indexes in the grout demonstrated high patterns of variability, showing the specificity of each project. Finally, it was concluded that the use of dashboards optimizes the visualization and understanding of information, effectively complementing statistical methods.

Keywords: project indicators; structural masonry; dashboards.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Estrutura do trabalho.....	19
Figura 2 - Alvenaria não armada.....	24
Figura 3 - Alvenaria armada ou parcialmente armada.....	25
Figura 4 - Alvenaria protendida.....	25
Figura 5 - Formatos de blocos estruturais.....	27
Figura 6 - Tipos de blocos cerâmicos.....	29
Figura 7 - Tipos de blocos de concreto.....	33
Figura 8 - Valores das espessuras das juntas de argamassa.....	35
Figura 9 - Representação de projeto de bloco com e sem graute.....	36
Figura 10 - Armaduras para juntas de alvenaria.....	38
Figura 11 - Dimensões reais e nominais dos blocos.....	39
Figura 12 - Fiadas de alvenaria estrutural.....	40
Figura 13 - Modulação de piso a teto.....	40
Figura 14 - Modulação de piso a piso.....	41
Figura 15 - Ciclo da qualidade na construção civil e as relações do projeto.....	46
Figura 16 - Influência das fases do empreendimento no custo total.....	47
Figura 17 - Amostra genérica do ciclo de vida de um projeto.....	48
Figura 18 - Processo de desenvolvimento tradicional de empreendimentos.....	49
Figura 19 - Principais participantes atuantes na construção de edifícios.....	50
Figura 20 - Interfaces do processo de desenvolvimento de produto na construção..	51
Figura 21 - Proposta de equipe multidisciplinar no desenvolvimento do projeto.....	52
Figura 22 - Processo de desenvolvimento do projeto.....	54
Figura 23 - Etapas, atividades e operações do processo de projeto.....	56
Figura 24 - Fluxograma de desenvolvimento de projetos de edifícios.....	58
Figura 25 - Processamento de dados e seus resultados.....	60
Figura 26 - Tipos de indicadores.....	64
Figura 27 - Processo resumido de BI.....	68
Figura 28 - Arquitetura do Power BI.....	70

Figura 29 - Organização dos elementos no dashboard.....	76
Figura 30 - Exemplo de dashboard na área comercial.....	76
Figura 31 - Fluxograma da metodologia do trabalho.....	77
Figura 32 - Gráfico de dispersão do índice de bloco estrutural 19 cm.....	87
Figura 33 - Gráfico de dispersão do índice de bloco estrutural 34 cm.....	88
Figura 34 - Gráfico de dispersão do índice de bloco estrutural 39 cm.....	89
Figura 35 - Gráfico de dispersão do índice de bloco estrutural 54 cm.....	89
Figura 36 - Gráfico de dispersão do índice de bloco estrutural.....	90
Figura 37 - Gráfico de dispersão do índice de bloco canaleta 19 cm.....	91
Figura 38 - Gráfico de dispersão do índice de bloco canaleta 34 cm.....	91
Figura 39 - Gráfico de dispersão do índice de bloco canaleta 39 cm.....	92
Figura 40 - Gráfico de dispersão do índice de bloco canaleta.....	93
Figura 41 - Gráfico de dispersão do índice de graute por comprimento de alvenaria	93
Figura 42 - Gráfico de dispersão do índice de graute por área de alvenaria.....	94
Figura 43 - Gráfico de dispersão do índice de graute por área do pavimento.....	95
Figura 44 - Gráfico de dispersão do índice de aço no graute por volume de graute.	95
Figura 45 - Gráfico de dispersão do índice de aço no graute por área de alvenaria.	96
Figura 46 - Gráfico de dispersão do índice de aço no graute por área do pavimento...	97
Figura 47 - Gráficos utilizados nos dashboards.....	98
Figura 48 - Dashboard aba 1: escolha do tipo de indicador.....	99
Figura 49 - Dashboard aba 2: indicadores de blocos estruturais.....	100
Figura 50 - Dashboard aba 3: indicadores de blocos canaletas.....	101
Figura 51 - Dashboard aba 4: indicadores de graute.....	102
Figura 52 - Dashboard aba 5: indicadores de aço no graute.....	103

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classes de blocos de concreto.....	30
Quadro 2 - Relação entre dados, informações e indicadores.....	61
Quadro 3 - Tipos de dashboards.....	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dimensões nominais de blocos cerâmicos.....	28
Tabela 2 - Designação por classe, largura dos blocos e espessura das paredes.....	31
Tabela 3 - Dimensões nominais dos blocos de concreto.....	32
Tabela 4 - Traços, resistências e usos de argamassas.....	34
Tabela 5 - Resultados de ensaios de alguns traços de graute.....	37
Tabela 6 - Quantitativo de prédios analisados.....	78
Tabela 7 - Levantamento de dados.....	80
Tabela 8 - Exemplo da formação de um indicador.....	81
Tabela 9 - Indicadores de alvenaria estrutural de prédios entre 10 e 20 pavimentos.....	83
Tabela 10 - Indicadores de alvenaria estrutural de prédios entre 10 e 13 pavimentos.....	84
Tabela 11 - Indicadores de alvenaria estrutural de prédios entre 14 e 16 pavimentos.....	85
Tabela 12 - Indicadores de alvenaria estrutural de prédios entre 17 e 20 pavimentos.....	86

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASBEA	Associação Brasileira de Escritórios de Arquitetura
ASCE	American Society of Civil Engineers
BI	Business Intelligence
CAU	Conselho de Arquitetura e Urbanismo
CBTUH	Council on Tall Buildings and Urban Habitat
CTE	Centro de Tecnologia de Edificações
fgk	Resistência característica do bloco
FNQ	Fundação Nacional de Qualidade
KPI	Key Performance Indicator
MCASP	Manual de Contabilidade Aplicada ao Setor Público
MPa	Mega Pascal
NBR	Norma Brasileira
PMI	Project Management Institute

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
1.1	CONTEXTO E RELEVÂNCIA DO TEMA.....	16
1.2	DELIMITAÇÃO DA PROBLEMÁTICA.....	17
1.3	JUSTIFICATIVA.....	18
1.4	OBJETIVOS.....	19
1.4.1	Objetivo geral.....	19
1.4.2	Objetivos específicos.....	19
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	19
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	21
2.1	ALVENARIA ESTRUTURAL.....	21
2.1.1	Histórico.....	21
2.1.2	Conceitos iniciais.....	22
2.1.3	Tipos de alvenaria.....	24
2.1.4	Materiais e componentes.....	26
2.1.4.1	Unidades.....	26
2.1.4.1.1	<i>Bloco cerâmico.....</i>	<i>26</i>
2.1.4.1.2	<i>Bloco de concreto.....</i>	<i>30</i>
2.1.4.2	Argamassa.....	33
2.1.4.3	Graute.....	36
2.1.4.4	Armadura.....	37
2.1.5	Modulação de projeto.....	38
2.2	PROJETOS.....	42
2.2.1	Definições de projeto.....	42
2.2.2	Concepção de projetos de edifícios.....	44
2.2.3	Processo de desenvolvimento de projeto.....	46
2.2.3.1	Custos envolvidos no projeto.....	47
2.2.3.2	Agentes envolvidos no projeto.....	48
2.2.3.3	Etapas envolvidas no projeto.....	53

2.3	INDICADORES.....	59
2.3.1	Dados e Informações.....	59
2.3.2	Conceito de indicadores.....	61
2.3.3	Indicadores aplicados na construção civil.....	62
2.3.4	Tipos de indicadores.....	63
2.3.4.1	Indicadores de desempenho (KPIs).....	64
2.3.4.2	Indicadores de projeto.....	65
2.4	DASHBOARDS.....	67
2.4.1	Business Intelligence (BI).....	67
2.4.2	Power BI.....	69
2.4.3	Conceito de dashboard.....	71
2.4.4	Tipos de dashboards.....	72
2.4.5	Design do dashboard.....	74
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	77
4	RESULTADOS ADQUIRIDOS.....	82
5	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	87
5.1	ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS INDICADORES.....	87
5.2	ABORDAGEM VISUAL DOS DADOS.....	97
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	104
	REFERÊNCIAS.....	106

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO E RELEVÂNCIA DO TEMA

A construção civil brasileira apresenta um crescimento exponencial durante o passar das décadas (Borges, 2008). Devido a esse aumento considerável, a expansão de novas técnicas construtivas e de novas tecnologias tornou-se um tópico amplamente discutido para o aprimoramento da implantação de projetos executivos, bem como da maneira de conduzir obras de grande porte.

Nesse contexto, faz-se necessário não apenas criar novos métodos construtivos, mas também expandir e modernizar padrões construtivos já existentes. A partir disso, pode-se citar a alvenaria estrutural como um sistema construtivo existente desde o final da década de 60, porém pouco conhecido no meio técnico e pouco empregado na construção, com exceção dos grandes centros (Camacho, 2006). Essas obras de grande vulto adotam esse método pela “agilidade na entrega” e pelo “menor custo com mão de obra e serviços” (Lima Azevedo *et al.*, 2023), visando os lucros advindos do prazo de entrega menor em comparação à alvenaria convencional.

Baseado nessas grandes construções, pode-se destacar a emergente implementação de edifícios altos no Brasil. Nesse sentido, o edifício alto surge como resultado da verticalização que busca a ocupação do solo por um maior número de pessoas e de atividades (Gregoletto; Reis, 2012), sendo considerado um forte elemento cultural da cidade contemporânea (Gregoletto, 2013).

Contudo, esse sistema também possui algumas dificuldades, a alvenaria estrutural — principalmente implementada em edifícios altos — necessita de projetos específicos e bem detalhados para o efetivo desempenho da estrutura como um todo. De Freitas e Pires (2020) destacam que o projeto de edifícios altos exige um constante questionamento sobre os conceitos consolidados e os modelos de cada estrutura. Assim, também, Mitidieri (2010) relata que a doutrina da importância do projeto é facilmente compreendida pelos profissionais da construção de edifícios, pelo menos do ponto de vista conceitual, porém, nem sempre é praticada com a devida seriedade.

1.2 DELIMITAÇÃO DA PROBLEMÁTICA

Constantemente, os projetistas têm uma série de dificuldades em seus projetos de alvenaria estrutural, um problema relevante a ser pontuado seria a escassez de indicadores referenciais para o devido direcionamento do trabalho. Segundo Silva (1996), “há cada vez menos espaço e tempo para operar com métodos baseados na tentativa e erro”.

Assim, erros em grandes projetos estruturais não são admitidos, especialmente na otimização de custos em edifícios altos, na redução de não-conformidades durante a execução da obra e na melhoria da tomada de decisões, sendo necessário a devida compatibilização desses desenhos técnicos em suas variadas disciplinas.

Aliado ao exposto, outro motivo relevante para a obtenção desses índices para a concepção de projetos de estruturas em alvenaria estrutural é a recente implementação desse modelo construtivo no Brasil apenas na década de 60 (Parsekian, 2014).

Diante disso, a pesquisa em questão surge em necessidade de desenvolver indicadores de projeto relacionados a prédios altos de alvenaria estrutural, com o propósito de solucionar a falta desses dados cruciais no desenvolvimento de tais peças técnicas.

Todavia, achar esses dados por si só, não são 100% eficientes, eles necessitam ser tratados e processados para o seu uso efetivo em sua função. Para Cintra (2000), dados são os elementos conhecidos do problema que se deseja resolver, são portanto brutos, oriundos de levantamentos, questionários ou pesquisas efetuadas. Já informação seria o resultado do processamentos desses dados de forma que tenham significados para o seu receptor, possuindo valor real ou percebido relativamente às decisões atuais ou futuras.

Tendo em consideração a isso, nesse estudo tais dados levantamentos serão tratados e evidenciados em forma de dashboard — “uma ferramenta de visualização gráfica, normalmente composta por gráficos ou tabelas, sendo expostos os indicadores que permitem monitorizar todo o processo organizacional”. (Caldeira, 2010). Assim, com esses dados transformados em informações, será possível diminuir os problemas para os engenheiros projetistas no processo de concepção de projetos.

1.3 JUSTIFICATIVA

A verticalização no cenário brasileiro é uma realidade vigente, principalmente nas grandes cidades como São Paulo e Rio de Janeiro, com isso demanda-se uma necessidade muito relevante de projetos específicos que atendam as necessidades dos clientes em construções desafiadoras, com isso o projetista sempre analisa projetos antigos de seu portfólio ou de colegas para o melhor desenvolvimento da peça técnica, porém nem sempre isso acaba sendo suficiente.

Beuren (1998) aponta que os tomadores de decisão precisam de devidas mensurações para apoiar os processos decisórios. Ao projetar, precisa-se de estudos preliminares, a fim de conhecer melhor o objeto de projeto em questão e entender qual a melhor solução para tanto. Nessa etapa são vistas as melhores possibilidades para o desenvolvimento do projeto, baseado nos materiais, nos custos e nos prazos disponíveis.

Porém, mesmo com esses anteprojetos correlatos realizados, os engenheiros e os arquitetos responsáveis necessitam de mais informações relevantes para solucionar problemáticas vigentes em seus respectivos projetos, com isso entende-se a demanda de encontrar parâmetros direcionadores para nortear o trabalho desses profissionais, assim, podendo gerar economia e tranquilidade aos seus clientes.

Nesse contexto, constata-se que a existência de trabalhos que gerem indicadores de projeto é muita escassa, isso posto, faz com que a existência dessa pesquisa seja necessária a fim de produzir base de dados para os projetistas, principalmente em obras executadas em alvenaria estrutural.

No atual estágio da indústria da construção civil, é necessário que exista um aperfeiçoamento da capacidade de absorção das empresas perante as inovações tecnológicas. Para que tal fato ocorra, é importante que haja envolvimento nas inovações organizacionais e nos processos de aprendizagem visando a plena utilização de inovações (Mello *et al.*, 2008). A partir disso, entende-se a necessidade de implementar novas tecnologias a fim de melhorar os sistemas da construção civil brasileira, nesse estudo será a criação de dashboards para a devida e eficiente gestão de dados, principalmente no tocante a indicadores, para a melhor tomada de decisão em projetos.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo geral

Identificar e quantificar indicadores de projeto para edifícios altos de alvenaria estrutural com a utilização de dashboards como forma de visualização dos dados.

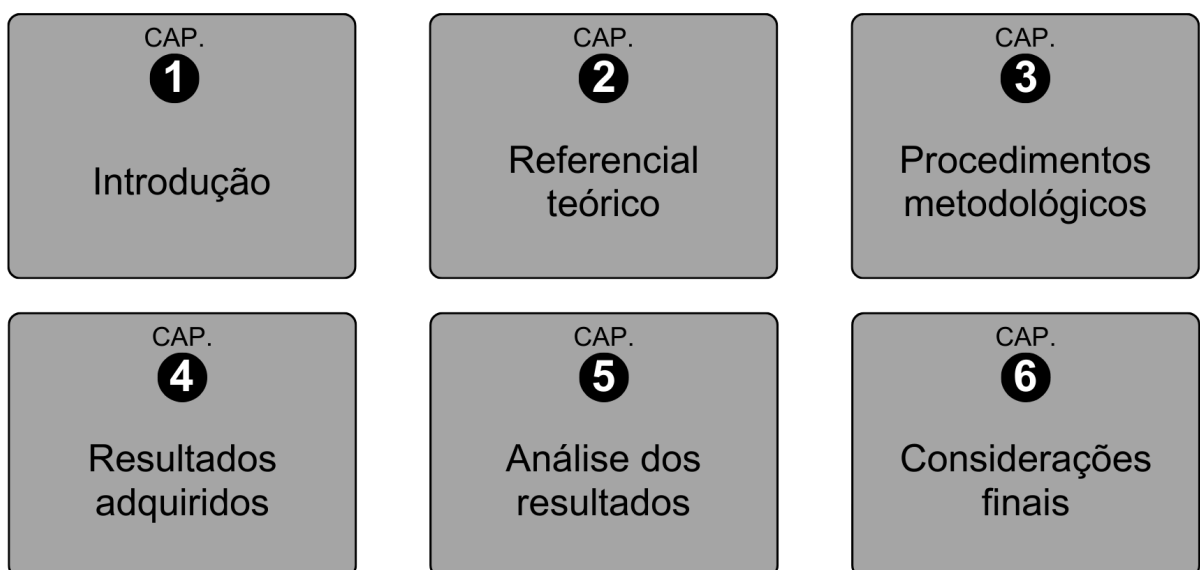
1.4.2 Objetivos específicos

- Relacionar dados de 32 projetos de edifícios entre 10 e 20 pavimentos para a formação de uma base de indicadores;
- Analisar os indicadores por meio de métricas estatísticas;
- Demonstrar a utilização de dashboards como uma forma eficiente de gestão de indicadores;

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Essa pesquisa se divide da seguinte maneira para a melhor compreensão do assunto abordado, assim como mostra na imagem 1.

Figura 1 - Estrutura do trabalho



Fonte: Elaborado pelo autor.

Inicialmente, o capítulo 1 é responsável por introduzir a dissertação, por trazer a contextualização do tema abordado, com a sua devida relevância enfatizada, bem como por delimitar a problemática em questão e pontuar os objetivos pretendidos neste trabalho.

O capítulo 2 apresenta todo o referencial teórico em questão, com a abordagem de evidenciar textos importantes da bibliografia. Traz conceitos importantes de termos chave para o entendimento do trabalho: “indicadores”, “projeto”, “edifícios altos”, “alvenaria estrutural”, “dashboards”.

A seguir, o capítulo 3 reúne todos os processos metodológicos para o desenvolvimento do trabalho, com a descrição do processo de levantamento de indicadores de projeto tendo como base edifícios de alvenaria estrutural com mais de 10 pavimentos.

Esses indicadores produzidos são sumarizados em planilhas do software Microsoft Excel, com a apresentação de médias, mínimos, máximos, variâncias e desvios padrão de todos esses índices, que são ilustrados no capítulo 4.

O capítulo 5 faz uma análise estatística dos indicadores levantados por meio de gráficos de média com barras de erros, bem como desenvolve um modelo de dashboard e apresenta seus aspectos primordiais.

Por fim, o capítulo 6 faz as devidas considerações finais necessárias, com um breve resumo dos resultados adquiridos, com algumas sugestões para futuras dissertações e com a apresentação dos desafios e das limitações encontradas no percurso do trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo refere-se ao referencial teórico sobre o tema da dissertação, resumindo sobre os referidos tópicos: (i) alvenaria estrutural, (ii) projetos, (iii) indicadores, (iv) dashboards.

2.1 ALVENARIA ESTRUTURAL

2.1.1 Histórico

A alvenaria tem sido utilizada por várias civilizações desde épocas antigas. Os materiais disponíveis na região para a construção dos edifícios eram aplicados de maneira rudimentar, por exemplo: a argamassa, quando existia, era composta pelo próprio solo. Sendo assim, o projeto era baseado em métodos empíricos e nos conhecimentos adquiridos ao longo dos anos (Kerst, 2018).

Esse método construtivo foi avançando com a construção de castelos, catedrais desde o século XVII (Camacho, 2006). No entanto, a alvenaria estrutural com o uso de blocos estruturais, voltada para a obtenção de edifícios mais econômicos e racionais, demorou a encontrar seu espaço (Ramalho; Corrêa, 2003).

No Brasil, a alvenaria estrutural de fato iniciou-se na década de 60, com a construção de alojamentos com blocos de concreto para os trabalhadores que construíram a Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira - SP. Isso foi possível devido a importação de uma máquina Besser para realizar a construção, posteriormente a mesma foi transferida para a capital paulista, local da instalação da primeira fábrica de blocos de concreto em 1966 (Parsekian, 2014).

Nesse mesmo ano, foi construído o conjunto habitacional Central Park Lapa na cidade de São Paulo (SP), prédio de 4 pavimentos com paredes de espessura de 19 cm. Depois disso, em 1972, foram construídos, no mesmo conjunto habitacional, quatro prédios de doze pavimentos cada, em alvenaria armada (Mohamad, 2020).

Os blocos cerâmicos e de concreto nas obras em alvenarias estruturais não armadas ou armadas começam a ser usados somente na década de 1980, com a introdução no mercado de unidades com dimensões modulares e furos na vertical que proporcionam a passagem de instalações elétricas, sem que haja os rasgos e quebras nas paredes recorrentes em construções brasileiras (Mohamad, 2020).

Desde então, a alvenaria estrutural é um dos sistemas construtivos mais utilizados no Brasil, como opção além do concreto armado e das estruturas metálicas, sempre focada em novas tecnologias e materiais, a exemplo da utilização de resíduos sólidos durante a fabricação dos blocos (Figueiró, 2009). Com isso, é indispensável conhecer como funciona esse modelo estrutural por completo: os conceitos, os materiais utilizados e a sua concepção.

2.1.2 Conceitos iniciais

Alvenaria é o conjunto de peças justapostas coladas em sua interface por uma argamassa apropriada, formando um elemento vertical coeso. Esse conjunto coeso serve para a vedação, o isolamento acústico e a manutenção do conforto térmico de ambientes, bem como para promover segurança (Tauil; Nese, 2010).

O conceito estrutural do sistema de alvenaria continua parecido com o utilizado em décadas passadas, com a estrutura dimensionada para limitar esforços de tração. Tendo as paredes com função estrutural, a qual permite transmitir as forças solicitantes até o apoio por meio de esforços de compressão (Kerst, 2018).

Diferentemente das estruturas de concreto armado, as quais utilizam vigas e pilares para resistir às cargas, na alvenaria estrutural existe somente um único elemento de sustentação: as paredes da edificação. Esses elementos básicos desempenham dupla função nas edificações, vedação e resistência. Por causa disso, é crucial ter uma equipe colaborativa grande para a concepção do projeto, do planejamento e da execução (Drysedale, 1994; Rauber, 2005).

Camacho (2006) entende a alvenaria estrutural como um processo construtivo onde a função estrutural advém da alvenaria, sendo projetada, dimensionada e executada de forma racional. Sendo uma vantagem disso, unir essa racionalização com a produtividade e a qualidade para produzir construções com bom desempenho tecnológico aliado a baixos custos (Roman *et al.*, 1999).

Kerst (2018) relaciona as principais vantagens desse método construtivo como: a economia de materiais, com a redução no uso de concreto e de aço, a redução na mão de obra, com a dispensa do serviço de carpinteiros e de armadores, e a maior velocidade e facilidade de construção, sem a necessidade da espera do tempo de cura dos elementos. O autor, ainda, aponta como pontos negativos: a impossibilidade de mudanças arquitetônicas e a compatibilidade entre projetos.

Camacho (2006) reitera essas vantagens de viés técnico e econômico:

- **Redução de custos:** relacionada à adequada aplicação das técnicas de projeto e execução, podendo chegar até a 30%, sendo proveniente basicamente da simplificação das técnicas de execução e da economia de fôrmas e escoramentos;
- **Menor diversidade de materiais empregados:** reduz o número de subempreiteiras na obra, a complexidade da etapa executiva e o risco de atraso no cronograma de execução em função de eventuais faltas de materiais, equipamentos ou mão de obra;
- **Redução da diversidade de mão-de-obra especializada:** necessita-se de mão de obra especializada somente para a execução da alvenaria, diferentemente do que ocorre nas estruturas de concreto armado e aço.
- **Maior rapidez de execução:** essa vantagem é notória nesse tipo de construção, decorrente principalmente da simplificação das técnicas construtivas, que permite maior rapidez no retorno do capital empregado.
- **Robustez estrutural:** decorrente da própria característica estrutural, resultando em maior resistência à danos patológicos decorrentes de movimentações.

Além dessas mudanças, as tolerâncias de construção devem ser rigorosamente seguidas, seja na demolição de uma parede fora do prumo, seja na parede que não pode ser rasgada para a colocação de instalações. Isso significa que projetistas têm que verificar e fornecer detalhes para todas as interferências. O planejamento de construção é originado com informações de um projeto altamente detalhado, esses procedimentos facilitam a construção, reduzem desperdícios e tempo de construção (Parsekian, 2014).

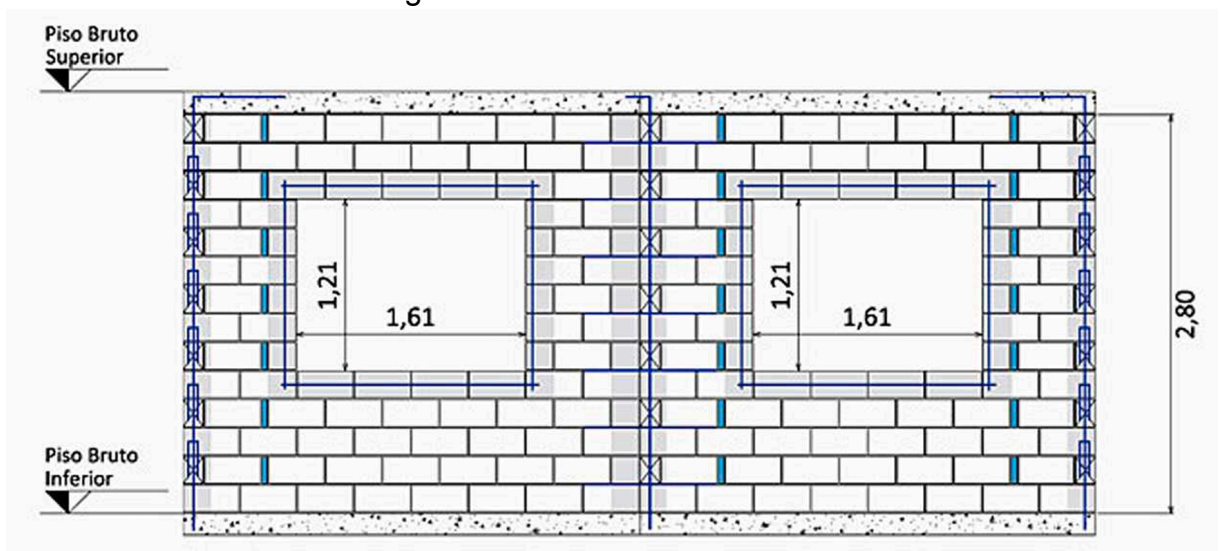
Porém, além desses fatores de projeto, é necessário ter uma mão de obra qualificada e especializada, com profissionais experientes para executar esses projetos de alvenaria estrutural, tendo o devido controle da argamassa, das juntas, do assentamento das unidades e da argamassa, bem como do prumo das paredes estruturais (Camacho, 2006).

2.1.3 Tipos de alvenaria

Camacho (2006) classifica a alvenaria estrutural de acordo com o processo construtivo empregado, com o tipo de unidades ou com o material utilizado, assim mostra na relação abaixo:

- **Alvenaria estrutural não armada:** é o processo construtivo em que nos elementos estruturais existem somente armaduras com finalidades construtivas, de modo a prevenir problemas patológicos;

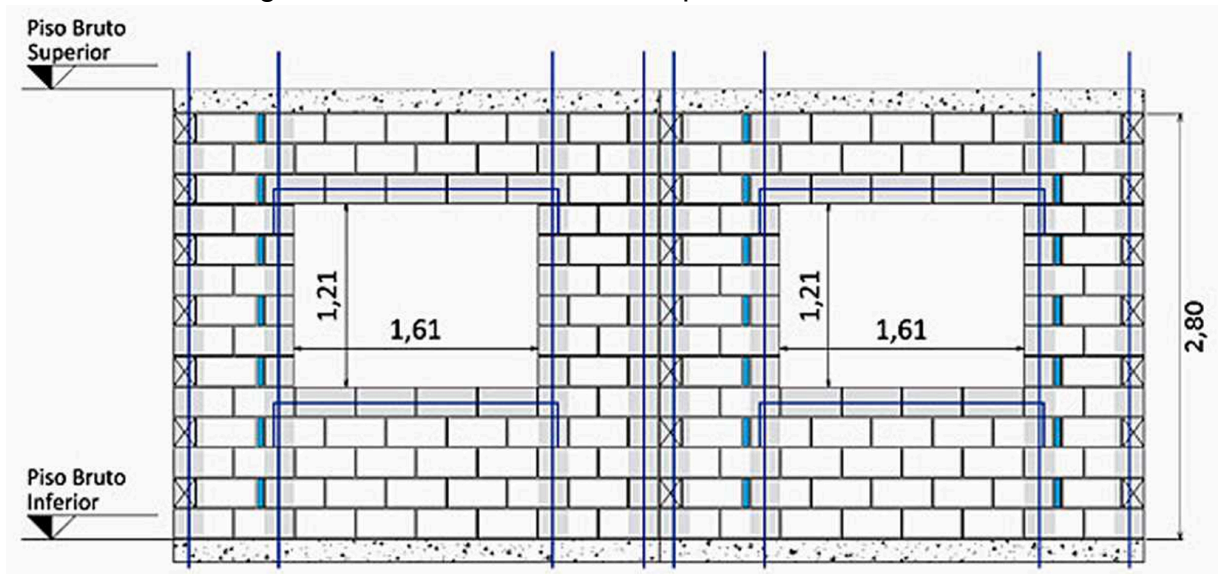
Figura 2 - Alvenaria não armada



Fonte: Tauil, Nese (2010).

- **Alvenaria estrutural armada:** é o processo construtivo em que, por necessidade estrutural, os elementos resistentes (estruturais) possuem uma armadura passiva de aço, as quais são dispostas nas cavidades dos blocos que são posteriormente preenchidas com microconcreto (graute);
- **Alvenaria estrutural parcialmente armada:** é o processo construtivo em que alguns elementos resistentes são projetados como armados e outros como não armados, de uma maneira mista;

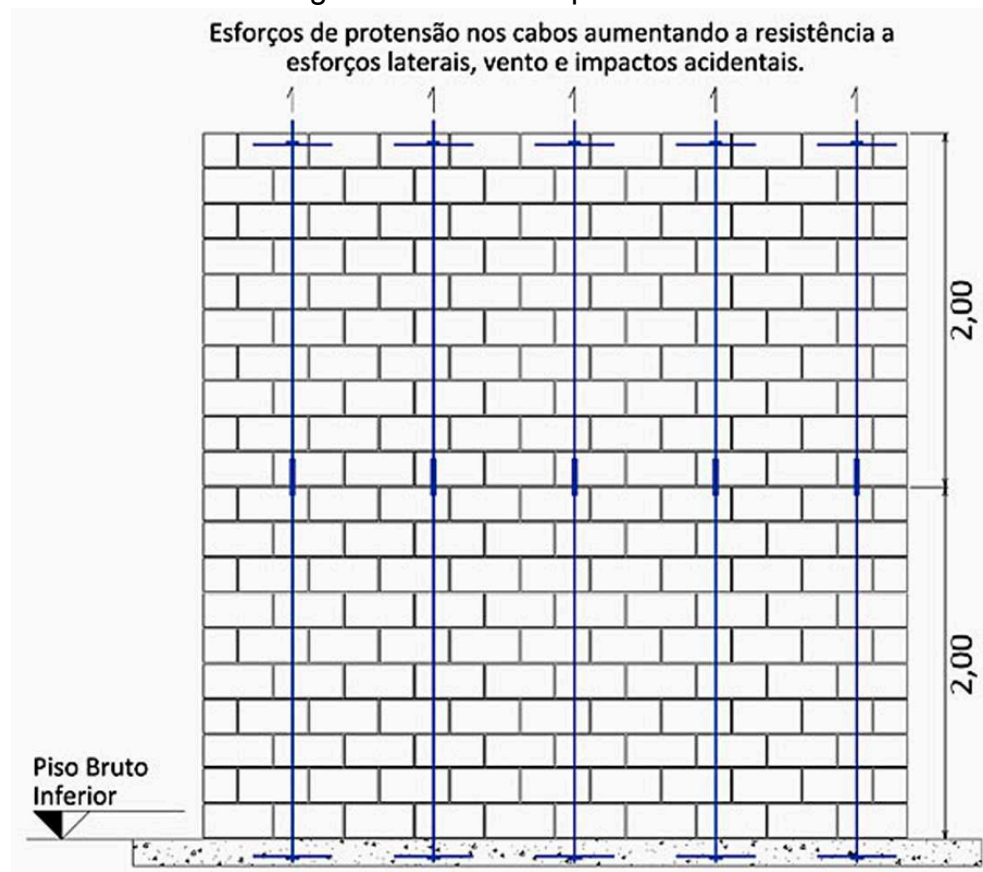
Figura 3 - Alvenaria armada ou parcialmente armada



Fonte: Tauil, Nese (2010).

- **Alvenaria estrutural protendida:** é o processo construtivo em que existe uma armadura ativa de aço contida no elemento resistente;

Figura 4 - Alvenaria protendida



Fonte: Tauil, Nese (2010).

Com isso, é necessário entender qual o tipo de alvenaria estrutural seria o mais adequado para a edificação, entendendo os materiais utilizados e a concepção estrutural em questão para que não haja falta ou excesso em seu dimensionamento.

2.1.4 Materiais e componentes

De acordo com a norma NBR 16868-1/2020, os componentes empregados na alvenaria estrutural são as unidades (blocos ou tijolos), a argamassa de assentamento entre as unidades, o graute e o aço para as armaduras.

2.1.4.1 Unidades

São os componentes de maior importância, tendo propriedades de resistência à compressão, de estabilidade dimensional, de vedação, de absorção adequada, de trabalhabilidade, bem como de modulação (Camacho, 2006). Essas unidades podem ser blocos ou tijolos industrializados com forma de paralelepípedo, em sua maioria, vazado, perfurado ou maciço de diversos materiais (Rauber, 2005).

Com isso, os blocos podem ser classificados de acordo com o tipo de material de fabricação, sendo os blocos cerâmicos e os de concreto os mais utilizados em edificações no cenário brasileiro.

2.1.4.1.1 Bloco cerâmico

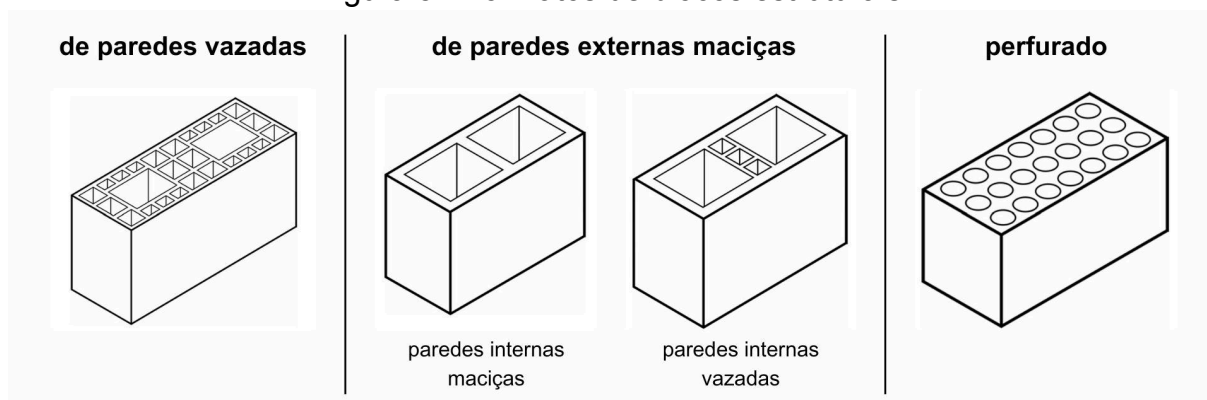
Os blocos cerâmicos, de acordo com a NBR 15270-1/2023, são componentes de alvenaria com furos ou vazados prismáticos, perpendiculares às suas faces, os quais são produzidos para serem assentados com furos na vertical. A qualidade desses blocos está relacionada com a argila utilizada na produção e com o processo de fabricação, com certificação por ensaios para caracterização das resistências dessas unidades, as quais variam de 0,1 a 70 MPa (Roman; Parizotto, 2006).

Ainda, a NBR 15270 indica as especificações desses componentes no que refere-se a formatos, principalmente. Esses blocos podem ser classificados como:

- **de paredes vazadas:** componente de alvenaria com paredes duplas, formando vazados menores;

- **com paredes maciças:** componente de alvenaria cujas paredes externas são maciças e as internas podem ser paredes maciças ou vazadas;
- **perfurados:** componente da alvenaria cujos vazados são verticais distribuídos em toda a face de assentamento, com porcentagem de vazios menor ou igual a 25%.

Figura 5 - Formatos de blocos estruturais



Fonte: ABNT (2023), adaptado pelo autor.

Os blocos cerâmicos estruturais, ainda, se diferenciam quanto às suas medidas, dividindo-se em famílias. Com isso, é necessário entender os conceitos de dimensões modulares e nominais, definidos pela ABNT (2023).

- **dimensões modulares:** dimensões de largura, altura e comprimento que atendem ao módulo básico $M = 10 \text{ cm}$ e seus submódulos ($M/2$ ou $M/4$);
- **dimensões nominais:** valores de largura (L), altura (H) e comprimento (C) que identificam um bloco ou tijolo, correspondentes a múltiplos e submúltiplos do módulo dimensional $M = 10 \text{ cm}$ menos 1 cm .

Os blocos precisam atender às dimensões estabelecidas pela norma NBR 15270-1/2023, sejam modulares ou nominais. A tabela a seguir apresenta as diferentes famílias de blocos estruturais cerâmicos, apresentando suas medidas mínimas necessárias, abrangendo blocos inteiros, metade de blocos, bem como blocos de amarração para paredes em formato de T ou de L.

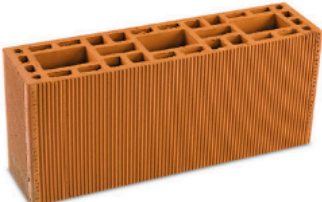
Tabela 1 - Dimensões nominais de blocos cerâmicos

Família	Dimensões modulares <i>L x H x C</i> (<i>M</i> = 100 mm)	Dimensões nominais <i>mm</i>					
		Largura <i>L</i>	Altura <i>H</i>	Comprimento <i>C</i>			
				<i>Bloco principal</i>	<i>1/2 Bloco</i>	<i>Bloco L amarração</i>	<i>Bloco T amarração</i>
10	M x (5/4) M x (5/2) M	90	115	240	115	-	340
	M x (2) M x (5/2) M		190	240	115	-	340
	M x (2) M x (3) M			290	140	240	390
	M x (2) M x (4) M			390	190	290	490
				590	290	-	-
12	(5/4)M x (5/4)M x (5/2)M	115	115	240	115	-	365
	(5/4) M x (2) M x (5/2) M		190	240	115	-	365
	(5/4) M x (2) M x (3) M			290	140	265	415
	(5/4) M x (2) M x (4) M			390	190	315	515
				590	290	-	-
14	(3/2) M x (2) M x (3) M	140	190	290	140	-	440
	(3/2) M x (2) M x (4) M			390	190	340	540
				590	290	-	-
19	(2) M x (2) M x (3) M	190	190	290	140	340	490
	(2) M x (2) M x (4) M			390	190	-	590
				590	290	-	-

Fonte: ABNT (2023), adaptado pelo autor.

Ademais, faz-se crucial entender os tipos de blocos de acordo com a sua geometria, bem como sua forma determina sua função específica.

Figura 6 - Tipos de blocos cerâmicos

		
MEIO BLOCO	BLOCO INTEIRO	BLOCO ESPECIAL 34 cm
		
BLOCO ESPECIAL 44 cm	BLOCO COMPENSADOR	BLOCO DE CANTO 45°
		
BLOCO CANALETA U	BLOCO CANALETA J	BLOCO CANALETA COMPENSADOR
		
BLOCO ELÉTRICO	BLOCO HIDRÁULICO	BLOCO HIDRÁULICO EXTERNO

Fonte: Adaptado pelo autor, com base nos fabricantes: Cerâmica Ermida, Construrohr e Construtens.

O bloco inteiro é a unidade predominante na composição de uma parede de alvenaria estrutural, formando fiadas horizontais e subindo-as conforme o processo da estrutura. Nessa sequência, como os blocos inteiros não podem ser cortados, devido ao risco de perda de resistência, os meios blocos têm uma função importante de sustentabilidade e eficiência, com sua possibilidade de ajuste das medidas.

Por outro lado, os blocos especiais são componentes responsáveis pela amarração, ou seja, o encontro de paredes em T ou em L. Além disso, os blocos canaletas são utilizados na construção de vergas e contravergas de portas ou janelas, bem como as compensadoras servem de apoio para a passagem da laje.

Os blocos compensadores se encaixam para ajustes de modulação e de fechamento em vãos de alvenaria, com uma seção diferenciada. Nesse sentido, os blocos elétricos e hidráulicos tornam a compatibilização na área de projetos uma realidade, com espaços definidos para a locação de caixas de luz e das tubulações.

2.1.4.1.2 Bloco de concreto

Por outro lado, a norma NBR 6136:2016 entende o bloco vazado de concreto como um componente para execução de alvenaria vazado nas faces superior e inferior, cuja área líquida é igual ou inferior a 75% da área bruta. Caso esse bloco não tenha essa consideração satisfeita, ele é considerado maciço.

Também, os blocos de concreto podem ser produzidos com resistência à compressão variáveis, baseado nos materiais de fabricação (Rauber, 2005). Com isso, os blocos de concreto podem ser divididos em 3 classes de acordo com suas resistências (ABNT, 2016), como mostra o quadro a seguir.

Quadro 1 - Classes de blocos de concreto

CLASSE	CLASSIFICAÇÃO	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (Mpa)
A	Com função estrutural	$f_{bk} \geq 8,0$
B		$4,0 \leq f_{bk} < 8,0$
C	Sem função estrutural	$f_{bk} \geq 3,0$

Fonte: ABNT (2016), adaptado pelo autor.

Por serem fabricados blocos de diferentes resistências, a grande quantidade de fornecedores, a existência de programas de certificação de qualidade dos blocos, bem como a compatibilidade do bloco e da argamassa tornam-se vantagens cruciais para a utilização da alvenaria. Assim, torna-se possível a construção de edifícios

mais altos, de até 24 pavimentos no Brasil (Freire, 2007).

Com base na resistência apresentada acima, a NBR 6136 ainda apresenta uma tabela com as medidas mínimas das larguras dos blocos, bem como das espessuras mínimas das paredes.

Tabela 2 - Designação por classe, largura dos blocos e espessura das paredes

Classe	Largura nominal <i>mm</i>	Paredes longitudinais <i>mm</i>	Paredes transversais	
			Paredes <i>mm</i>	Espessura equivalente <i>mm/m</i>
A	190	32	25	188
	140	25		
B	190	32	25	188
	140	25		
C	190	18	18	135
	140			
	115			
	90			
	65	15	15	113

Fonte: ABNT (2016), adaptado pelo autor.

A referida norma ainda destaca, em outra tabela, a relação entre os tipos de blocos comuns de concreto, com suas famílias e suas dimensões mínimas, com tolerâncias permitidas de $\pm 2,0$ mm para a largura e $\pm 3,0$ mm para a altura e o comprimento dos blocos.

Os blocos mais utilizados de concreto são, em sua predominância, os mesmos utilizados com material cerâmico, com as mesmas funções em questão, a saber: bloco inteiro, frações de bloco, blocos de amarração T ou L, blocos compensadores, blocos canaletas, meia canaleta, blocos para instalações, como mostra na imagem 7.

Tabela 3 - Dimensões nominais dos blocos de concreto

Família		20 x 40	15 x 40	15 x 30	12,5 x 40	12,5 x 25	12,5 x 37,5	10 x 40	10 x 30	7,5 x 40	
Medida nominal mm	Largura	190	140		115			90		65	
	Altura	190	190		190			190		190	
	C O M P R I M E N T O	Inteiro	390	390	290	390	240	365	390	290	390
		Meio	190	190	140	190	115	-	190	140	190
		2/3	-	-	-	-	-	240	-	190	-
		1/3	-	-	-	-	-	115	-	90	-
		Amarração “L”	-	340	-	-	-	-	-	-	-
		Amarração “T”	-	540	440	-	365	-	-	290	-
		Compensador A	90	90	-	90	-	-	90	-	90
		Compensador B	40	40	-	40	-	-	40	-	40
		Canaleta inteira	390	390	290	390	240	365	390	290	-
		Meia canaleta	190	190	140	190	115	-	190	140	-

Fonte: ABNT (2016), adaptado pelo autor.

Figura 7 - Tipos de blocos de concreto

		
MEIO BLOCO	BLOCO INTEIRO	BLOCO ESPECIAL 34 cm
		
BLOCO ESPECIAL 54 cm	BLOCO COMPENSADOR	BLOCO DE CANTO 45°
		
BLOCO CANALETA U	BLOCO CANALETA J	BLOCO CANALETA COMPENSADOR
		
BLOCO ELÉTRICO	BLOCO HIDRÁULICO	

Fonte: Adaptado pelo autor, com base em Leroy Merlin, Lojas Tatu, GAI e PGC Blocos.

2.1.4.2 Argamassa

A argamassa de assentamento é o componente utilizado na ligação entre os blocos, evitando pontos de concentração de tensões, a qual é composta por cimento, agregado miúdo, água e cal, com a possibilidade de adições ou de aditivos para melhorar determinadas propriedades (Camacho, 2006).

As principais funções da argamassa são unir as unidades, garantir a vedação, propiciar aderência com as armaduras nas juntas, bem como compensar as

variações dimensionais das unidades. Ademais, suas principais propriedades são retenção d'água, resistência à compressão e trabalhabilidade (Camacho, 2006).

O autor ainda entende que para escolher esse produto, é necessário observar que existe mais de um tipo de argamassa. Assim, ele define uma regra básica de seleção de uma argamassa para um determinado projeto:

Não se deve usar argamassa que tenha resistência à compressão superior à exigida pelo projeto estrutural, e entre as que sejam compatíveis com as exigências de desempenho da obra, deve-se selecionar sempre a mais fraca.

Esse pensamento decorre pelo fato das argamassas de alta resistência concentrarem os efeitos de recalques de apoios em poucas e grandes fissuras, enquanto nas mais fracas, eles têm uma distribuição mais homogênea (Camacho, 2006). Com isso, é crucial entender a tipologia de argamassas existentes, bem como suas principais características.

Parsekian *et al.* (2012) trazem a indicação de alguns traços, resistências e usos de argamassas, os quais também orientam que o projetista estrutural deve especificar a resistência à compressão da argamassa em seus projetos. Com isso, a tabela apresentada pode servir como referência inicial desses parâmetros.

Tabela 4 - Traços, resistências e usos de argamassas

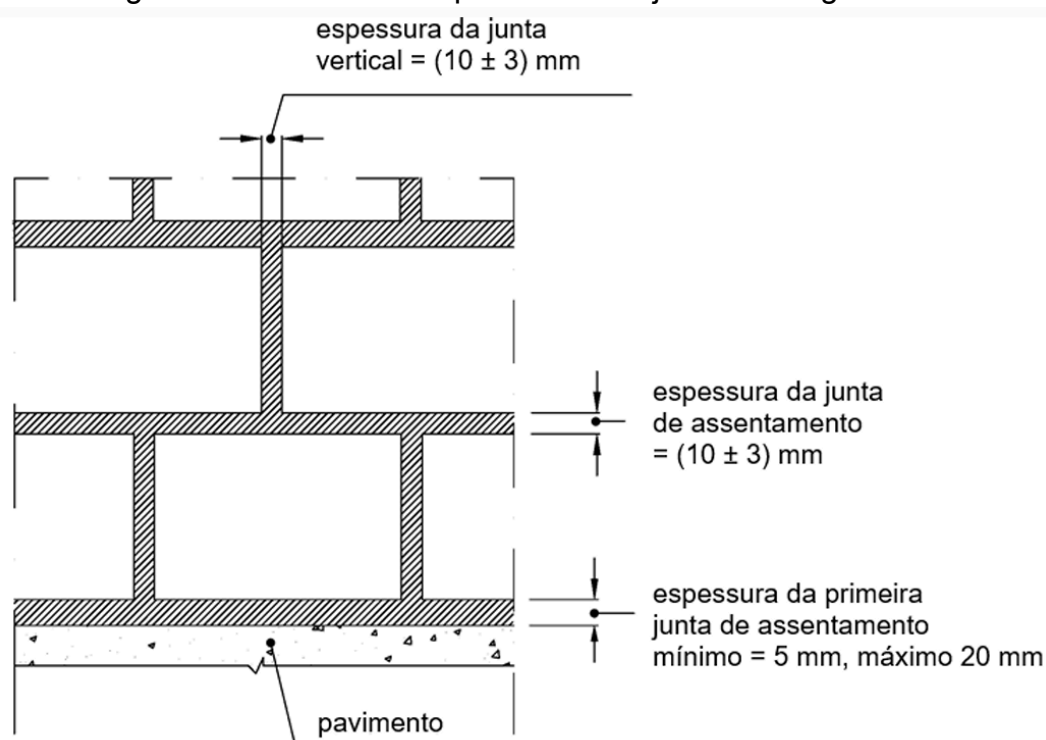
Traço (cimento + cal + areia)	Resistência compressão 7 dias (MPa)	Resistência compressão 28 dias (MPa)	Uso recomendado
1: 0,25 : 2,5	9 a 11	14 a 17,5	Argamassa de alta resistência e, consequentemente, baixa deformabilidade, recomendada apenas para alvenaria de resistência muito elevada (blocos acima de 20 MPa). Pode ser necessária para elementos enterrados e ambientes muito agressivos com presença de sulfatos.
1 : 0,5 : 3,5 a 4,5	5 a 7,5	8,5 a 12,5	Uso geral em elementos em contato com o solo e os que estão sujeitos a ações laterais predominantes

1 : 1 : 4,5 a 6	2 a 3	3,5 a 5	Resistência à compressão moderada e boa deformabilidade. Recomendada para alvenarias não enterradas de resistência à compressão média e ação lateral não predominante (blocos de até 6,0 MPa).
1 : 2 : 9	1 a 1,5	2 a 2,5	Baixa resistência à compressão, adequada apenas para alvenaria de vedação ou eventualmente para reparo de edificações históricas.
1 : 3 : 12	0,2 a 0,3	0,4 a 0,5	Baixa resistência à compressão, eventualmente adequada apenas para alvenaria de vedação ou, ainda, para reparo de edificações históricas.

Fonte: Parsekian *et al.* (2012), adaptado pelo autor.

Quanto à espessura da junta de argamassa entre os blocos, a NBR 16868-2 (2020) determina que as juntas horizontais e verticais devem ter espessura de 10 mm (± 3 mm), exceto as horizontais da primeira fiada que devem ser entre 5 mm e 20 mm, assim como exemplifica na imagem abaixo. Esses valores, também, podem ser diferentes, caso sejam especificados em projeto.

Figura 8 - Valores das espessuras das juntas de argamassa

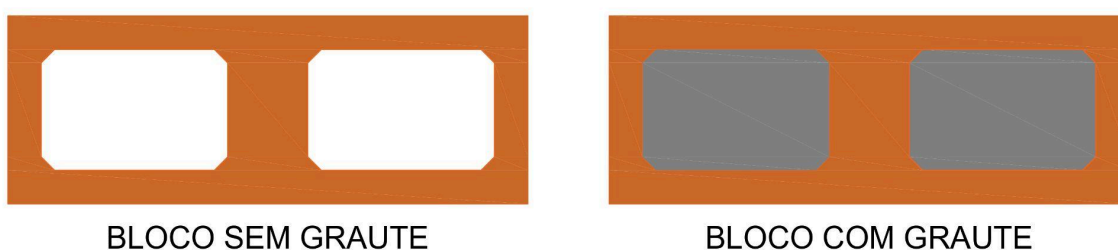


Fonte: ABNT (2020).

2.1.4.3 Graute

O graute consiste em um concreto fino de alta fluidez, formado de cimento, água, agregados miúdos e graúdos de pequena dimensão (até 9,5 mm), com o objetivo de preencher adequadamente os vazios dos blocos onde serão lançados. Assim, ocorre o aumento da resistência das paredes e a aderência adequada com as armaduras (Camacho, 2006). A figura abaixo ilustra um bloco com e sem graute.

Figura 9 - Representação de projeto de bloco com e sem graute



Fonte: Elaborado pelo autor.

As principais diferenças entre graute em relação ao concreto são o alto slump e a elevada relação água/cimento. Essa mistura fluida permite boa plasticidade e preenchimento completo dos vazados, e quando dosado de forma correta, baixa segregação devido os vazios terem espaços pequenos (Parsekian *et al.*, 2012).

Além disso, a NBR 16868-1/2020 estabelece que a resistência à compressão característica do graute deve ser especificada com valor mínimo de 15 MPa, a qual deve ser verificada em laboratório por meio do ensaio de compressão de prismas, pequenas paredes ou paredes.

De acordo com a NBR 16868-2/2020, o graute deve ter características no estado fresco que garantam o completo preenchimento dos furos e não pode apresentar retração que provoque o seu deslocamento das paredes dos blocos. Pode-se empregar, também, argamassa de assentamento utilizada na obra para preenchimento dos vazios, em elementos de alvenaria não armados e sem qualquer tipo de armadura, caso o projetista adote-a como substituta.

Parsekian *et al.* (2012) complementam que o uso de graute de resistência muito superior à resistência do bloco na área líquida não traz benefícios à alvenaria. Recomenda-se a especificação de graute em uma faixa de resistência próxima dessa referência, eventualmente um pouco inferior. Esses autores, ainda,

apresentam uma tabela com alguns traços do graute, com resultados de ensaios.

Tabela 5 - Resultados de ensaios de alguns traços de graute

Traço (volume) <i>cimento : cal : areia : brita 0</i>	Traço (massa) <i>cimento : cal : areia : brita 0</i>	Relação água / cimento	Resistência característica à compressão (MPa)	Slump (cm)
1,0 : 0,1 : 2,4 : 2,2	1 : 0,06 : 2,55 : 2,28	0,70	17,6	22 ± 1
1,0 : 0,1 : 1,8 : 1,8	1 : 0,06 : 2,28 : 2,28	0,62	23,1	
1,0 : 0,1 : 1,5 : 1,6	1 : 0,06 : 2,12 : 2,02	0,58	25,4	
1,0 : 0,1 : 1,0 : 1,3	1 : 0,06 : 1,42 : 1,64	0,45	35,9	

Fonte: Parsekian *et al.* (2012), adaptado pelo autor.

2.1.4.4 Armadura

A armadura é utilizada na alvenaria estrutural para resistir a esforços de tração e de cisalhamento, para aumentar a resistência a cargas centradas e para permitir ductilidade em situações de ações excepcionais, como as sísmicas. Além disso, armaduras podem ser utilizadas para conectar paredes ou outros elementos e para controle de fissuração devido a deformações de retração, térmicas, cargas concentradas ou outras (Parsekian *et al.*, 2012).

Os tipos mais comuns de armaduras são barras de aço, armaduras de juntas, conectores e cabos de protensão, sendo os dois primeiros os mais comuns (Parsekian *et al.*, 2012).

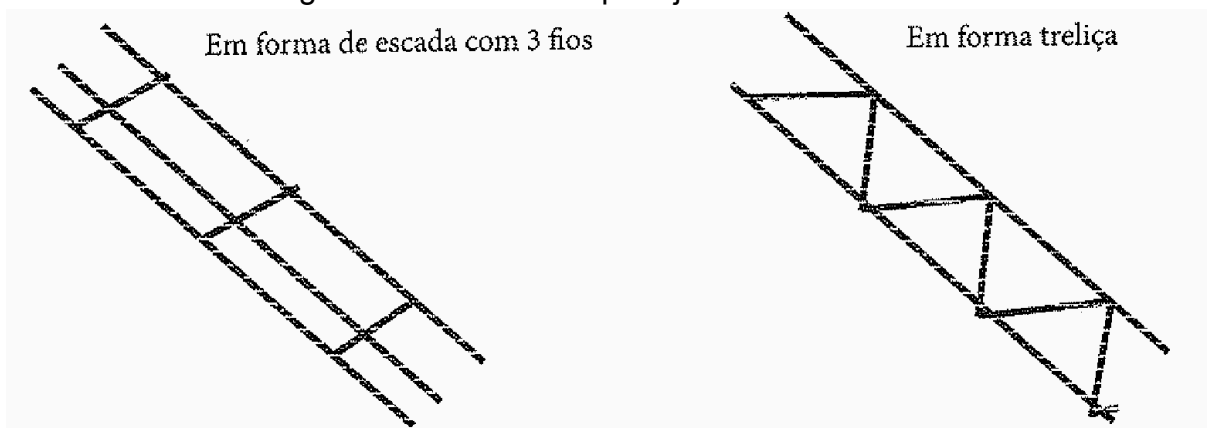
As barras de aço utilizadas nas construções em alvenaria são as mesmas utilizadas nas estruturas de concreto armado (CA50), mas, neste caso, serão sempre envolvidas por graute, para garantir o trabalho conjunto com o restante dos componentes da alvenaria (Ramalho; Corrêa, 2003).

O diâmetro máximo permitido em alvenaria é de 25 mm em geral e 6,3 mm nas juntas de assentamento, com o atendimento da taxa máxima de armadura por furo, que não pode ser superior a 8% da área da seção a ser grauteada, o que muitas vezes é o limitante do diâmetro máximo (Parsekian *et al.*, 2012).

Armaduras em forma de treliça plana ou "escadas", formadas por fios

soldados e galvanizados, foram desenvolvidas para serem utilizadas nas juntas de alvenaria como armaduras horizontais, assim como mostra na imagem abaixo.

Figura 10 - Armaduras para juntas de alvenaria



Fonte: Parsekian *et al.* (2012).

Essas armaduras podem ser utilizadas especialmente para controle de fissuração em alvenarias muito compridas, sob cargas concentradas, painéis de alvenaria ou, ainda, em vergas e contravergas ou vigas. São formadas geralmente por fios de diâmetro máximo de 4 mm para aplicação em alvenarias de diferentes espessuras, e comprimento próximo a 3,0 metros (Parsekian *et al.*, 2012).

Conectores em alvenaria estrutural podem ser referidos para parafusos, os quais funcionam para a fixação de elementos como pré-moldados leves, também para telas e barras de amarração, as quais geralmente são usadas na ligação de paredes quando não há amarração direta entre blocos (Parsekian *et al.*, 2012).

Os mesmos cabos de protensão utilizados em concreto armado são os adotados no sistema de alvenaria estrutural, os quais recentemente foram adotados como recomendações para projetos nas normas brasileiras (Parsekian *et al.*, 2012).

2.1.5 Modulação de projeto

A modulação é um procedimento absolutamente fundamental para que uma edificação em alvenaria estrutural possa resultar em economia e racionalidade. Se as dimensões de uma edificação não forem moduladas, como os blocos não devem ser cortados, os enchimentos resultantes certamente levarão a um custo maior e uma racionalidade menor para a obra em questão (Ramalho; Corrêa, 2003).

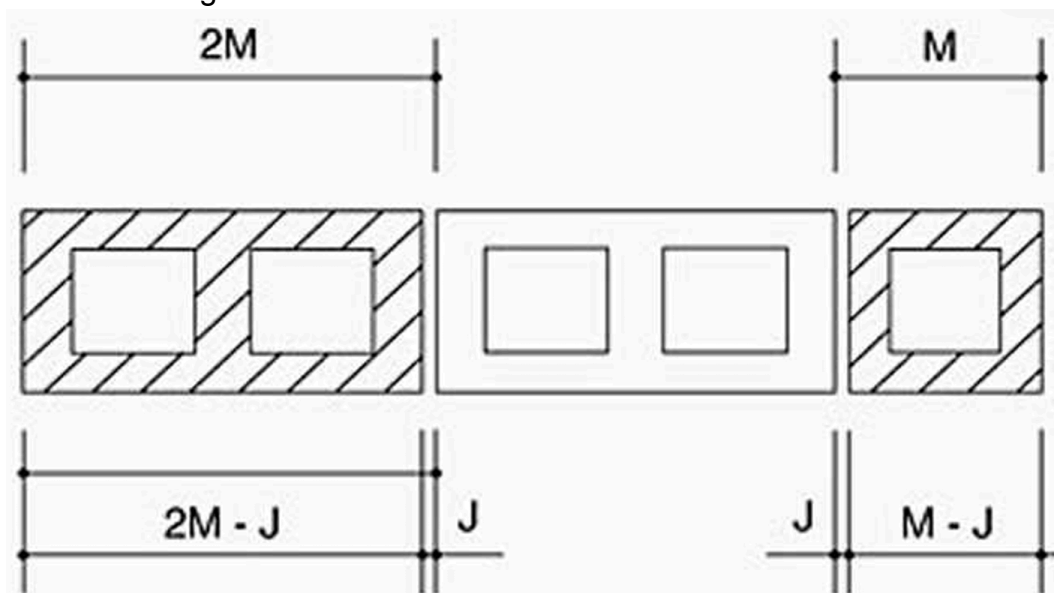
O módulo horizontal (em planta) é definido pelo comprimento e pela largura.

Já a altura define o módulo vertical, a ser adotado nas elevações de projeto. Dentro dessa perspectiva, percebe-se que é muito importante que o comprimento e a largura sejam iguais ou múltiplos, de maneira que efetivamente se possa ter um único módulo em planta (Ramalho; Corrêa, 2003).

Para a padronização dessas medidas, é necessário definir os blocos para modulação. No Brasil, os blocos de comprimentos múltiplos de 15 e 20 cm são os mais usuais e os mais fáceis de encontrar no mercado, com larguras variando entre 15 e 20 cm. Quanto à modulação vertical, a situação é normalmente mais simples, trata-se apenas de ajustar a distância de piso a teto para que seja um múltiplo do módulo vertical a ser adotado, normalmente 20 cm (Ramalho; Corrêa, 2003).

Quando se adota um determinado módulo, chamado de M , o qual refere-se ao comprimento real do bloco mais a espessura de uma junta, aqui chamada de J . Considerando-se as juntas mais comuns, que são de 1 cm, tem-se que os comprimentos reais dos principais blocos serão seus comprimentos nominais diminuídos de 1 cm, assim como aborda a imagem abaixo (Ramalho; Corrêa, 2003).

Figura 11 - Dimensões reais e nominais dos blocos



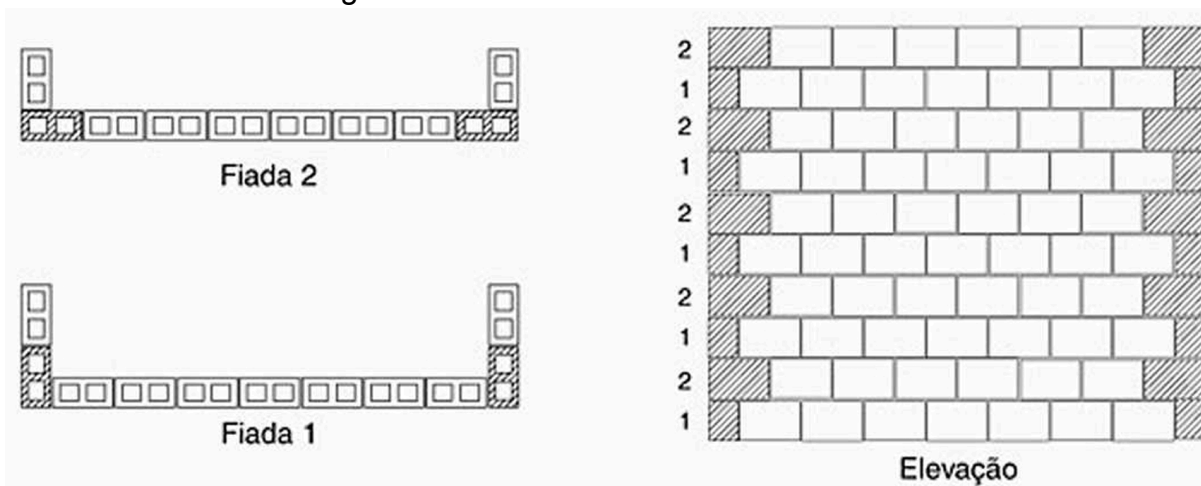
Fonte: Ramalho; Corrêa (2003).

Com esses conceitos devidamente apresentados, é possível definir uma das fiadas, as demais devem levar em conta a preocupação de se evitar ao máximo as juntas a prumo, como apresenta a imagem a seguir (Ramalho; Corrêa, 2003).

A modulação horizontal estará praticamente resolvida na maior extensão das paredes com o que foi demonstrado, porém podem ocorrer alguns problemas

adicionais em cantos e bordas, especialmente quando o módulo adotado não for o mesmo valor da largura, assim entram a adoção de blocos especiais, a exemplo do bloco de 35 cm ou do bloco com 03 furos, o de 55 cm (Ramalho; Corrêa, 2003).

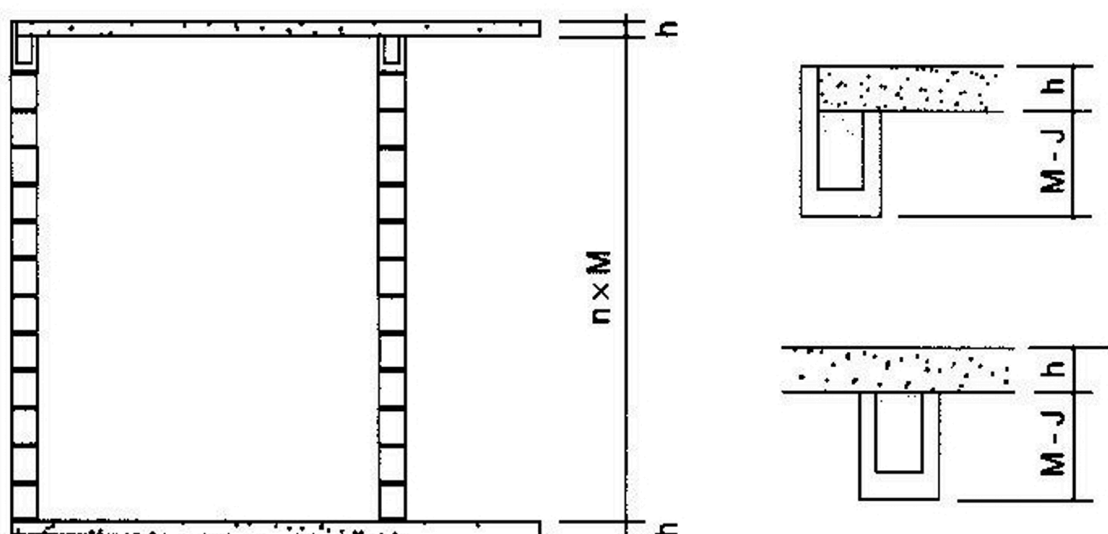
Figura 12 - Fiadas de alvenaria estrutural



Fonte: Ramalho; Corrêa (2003).

A modulação vertical raramente provoca mudanças significativas no arranjo arquitetônico, nela existem basicamente duas formas de se realizar essa modulação: a primeira é a que a distância modular é aplicada de piso a teto. Assim, paredes de extremidades terminarão com um bloco J que tem uma das suas laterais com uma altura maior que a convencional, de modo a acomodar a altura da laje e as no meio serão canaletas U (Ramalho; Corrêa, 2003).

Figura 13 - Modulação de piso a teto

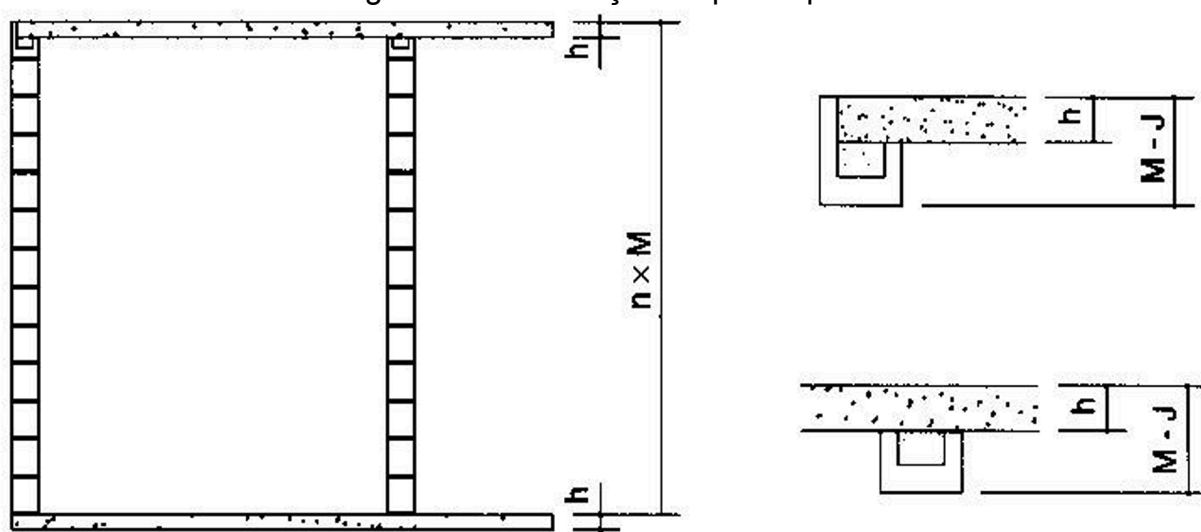


Fonte: Ramalho; Corrêa (2003).

A segunda possibilidade de modulação vertical que pode ser utilizada é a aplicação da distância modular de piso a piso. Nesse caso, a última fiada das paredes externas será novamente formada por blocos J com uma das suas laterais com altura menor que a convencional, de forma a também propiciar a acomodação da espessura da laje (Ramalho; Corrêa, 2003).

Já as paredes internas apresentarão, em sua última fiada, blocos compensadores, para permitir o ajuste da distância de piso a teto que não estará modulada. Este procedimento pode ser interessante quando o fabricante de blocos não puder fornecer blocos J e não utilizar fôrmas auxiliares na concretagem. Com isso, os blocos canaleta comuns só poderão ser cortados no canteiro, por meio de uma ferramenta adequada, assim formando os blocos desejados com facilidade, os canaletas J e os compensadores (Ramalho; Corrêa, 2003).

Figura 14 - Modulação de piso a piso



Fonte: Ramalho; Corrêa (2003).

Diante do exposto, torna-se primordial entender como funciona a modulação e a sua aplicação devida em projetos desde a arquitetura até os complementares (instalações), para diminuir os custos, aumentar a eficiência, bem como evitar os problemas em maiores escalas que podem ocorrer durante a execução da obra.

Por isso, indicadores de projeto relacionados à quantidade de blocos estruturais e canaleta foram destacados e relacionados neste trabalho, com o objetivo de verificar se a modulação dessa edificação foi realmente bem planejada.

2.2 PROJETOS

2.2.1 Definições de projeto

O conceito de projeto pode ser considerado bem amplo e diversificado, com vários significados e objetivos. Com isso, diversos autores descrevem o projeto de diferentes maneiras em função de contextos divergentes e de variados tipos de projetos existentes (Tzortzopoulos, 1999). Os projetos podem ser aplicados em praticamente todas as áreas do conhecimento humano, incluindo os trabalhos administrativos, estratégicos e operacionais, bem como a vida pessoal de cada um (Vargas, 2009).

Inicialmente, destacam-se os conceitos do dicionário Merriam-Webster (2023) que define o substantivo projeto como “um plano ou esquema mental no qual são esboçados meios para atingir um fim” e o verbo projetar como “conceber e planejar na mente; criar para uma determinada função ou fim”. Esses verbetes apresentam o projeto como um planejamento de produção humanizada com função bem estabelecida no final.

Em outra perspectiva, o conceito de Dym e Little (2010) é considerado como um processo com regras bem restritas, com a função exclusiva de atingir as metas e os objetivos devidamente apontados dos contratantes de tais serviços:

é um processo sistemático e inteligente no qual os projetistas geram, avaliam e especificam estruturas para equipamentos, sistemas ou processos cuja(s) forma(s) e função(ões) atende(m) os objetivos dos clientes e as necessidades dos usuários, enquanto satisfazem um conjunto de restrições especificadas.

O Instituto Project Management (PMI, 2017), também, pontua que esse termo transmite o sentido de dedicação por um período temporal em transformar uma ideia em algo materializado, como um produto, serviço ou resultado único. Desenvolvido em processos com tempo determinado, com a colaboração de diversas pessoas, com recursos limitados e entregas finais devidamente estruturadas.

O Manual de Contabilidade Aplicada ao Setor Público (MCASP, 2023) traz a definição de projeto com conceitos já abordados de desenvolvimento de um produto final em um tempo pré-determinado, porém, dessa vez com um enfoque na programação como forma de gerar os dados finais, os quais deverão ter benefícios

ao setor público com os resultados adquiridos, seja na expansão ou no aperfeiçoamento.

A Associação Brasileira de Escritórios de Arquitetura (ASBEA, 1992) destaca que "a palavra projeto significa, genericamente, intento, desígnio, empreendimento e, em sua acepção técnica, um conjunto de ações caracterizadas e quantificadas, necessárias à concretização de um objetivo".

Souza (1997) contribui com a definição de projeto sendo a concepção e o desenvolvimento do produto final, baseado exclusivamente nas necessidades do cliente final, bem como a maneira como é feita a solução do projeto influi diretamente na qualidade da entrega, ou seja, o projeto é um item que tem como objetivo primordial: a garantia da satisfação do cliente com a entrega realizada.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2017), em sua norma brasileira NBR 16636-1, destaca um conceito mais voltado para a área da engenharia civil, o qual fala de decisões técnicas para atingir a materialização de uma ideia, dando a devida importância às condições disponíveis para a execução:

‘representação do conjunto dos elementos conceituais, desenvolvida e elaborada por profissional habilitado, necessária à materialização de uma ideia, realizada por meio de princípios técnicos e científicos, visando à consecução de um objetivo ou meta, adequando-se aos recursos disponíveis, leis, regramentos locais e às alternativas que conduzam à viabilidade da decisão.

Nesse contexto, entende-se que as principais características dos projetos são a temporariedade, a individualidade do produto ou serviço, a complexidade e a incerteza (Vargas, 2009). Também, entende-se que o tempo ao decorrer do projeto é bem definido e estipulado pelo cliente no início das atividades, porém podem ter indefinições e mudanças no meio do caminho e o gestor do projeto necessita estar preparado para lidar com as incertezas.

Ademais, compreende-se que cada projeto é exclusivo, então as ideias precisam ser tomadas para atingir aquele objetivo pré-definido. “Embora elementos repetitivos possam estar presentes em algumas entregas do projeto, essa repetição não muda a singularidade fundamental do trabalho do projeto.” (PMI, 2008)

Dessa forma, com os conceitos de projeto devidamente apresentados, o próximo passo é compreender quais são as etapas do processo de projeto, suas divisões e organizações internas, os elementos e os agentes envolvidos nessas

operações, bem como as disciplinas que compõem o projeto na engenharia.

2.2.2 Concepção de projetos de edifícios

“Desenvolver e projetar são atividades de interesse da engenharia que criam os pressupostos para a concretização de ideias da solução.” (Pahl et. al., 2005). Tal pensamento sugere a antecipação na solução de problemas que irão ocorrer, aliado com o papel do engenheiro na sociedade.

Freire (2007) destaca que “na construção civil, mais precisamente o subsetor de edificações, a colocação de um empreendimento no mercado é uma etapa que envolve profissionais das mais diferentes disciplinas de projeto.” As quais se interligam durante o processo, participando cada um com seus interesses e conhecimentos de forma a desenvolver uma parte das decisões e formulações projetuais. (Fabricio; Melhado, 2003).

Marques (1979) apresenta dois conceitos distintos de projeto aplicados a construção civil, o conceito estático e o conceito dinâmico:

- **conceito estático:** refere-se a projeto como um produto, constituído de elementos gráficos e descritivos, ordenados e elaborados segundo uma linguagem apropriada visando atender às necessidades da fase do empreendimento que lhe sucede que é a fase da execução, implantação ou, mais particularmente, de obra.
- **conceito dinâmico:** confere ao projeto um sentido de processo, através do qual são produzidas soluções para os problemas que deram causa ao empreendimento e que justificam o investimento.

Essas duas definições antagônicas, como produto e processo, revelam um sentido completo ao projeto no ciclo de desenvolvimento de um empreendimento. Ao ser considerado um produto, o projeto ganha forma em desenhos e relatórios técnicos para garantir a qualidade na execução da obra. Em contraposição, ele como processo reflete sua capacidade de adaptação e resolução de problemas para atender as necessidades do cliente e validar o custo aplicado nessa construção.

Nesse sentido, Melhado (1994) complementa esses conceitos ao definir o projeto, na área da Construção Civil, como a criação de um produto, sendo definido como uma atividade ou serviço incluído no processo de construção, responsável pelo desenvolvimento, organização, registros e integração das características físicas e tecnológicas especificadas para uma obra, a serem consideradas na fase de

execução (Nogueira; Mizrahi; Bastos, 2020).

No que se refere à concepção de projetos de edificações de alvenaria estrutural, a NBR 16.868-1:2020 (ABNT) orienta que esse projeto tenha alguns requisitos necessários para a concepção do mesmo, a saber:

1. Qualidade da estrutura

A solução estrutural deve atender aos requisitos de qualidade estabelecidos conforme os itens abaixo:

- **Capacidade resistente:** o projeto deve ser consistente de modo a assegurar a segurança à ruptura.
- **Desempenho em serviço:** A estrutura não deve apresentar danos que comprometam em parte ou totalmente o uso para o qual foi projetada e deve ter capacidade de manter-se em condições plenas de utilização durante sua vida útil.
- **Durabilidade da estrutura:** A estrutura deve ter uma capacidade de resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo projetista estrutural e seu contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto.

2. Qualidade do projeto

O projeto de uma estrutura de alvenaria deve ser elaborado, adotando-se:

- sistema estrutural adequado à função desejada para a edificação;
- ações compatíveis e representativas;
- dimensionamento e verificação de todos os elementos estruturais presentes;
- especificação de materiais e componentes apropriados e de acordo com os dimensionamentos efetuados;
- procedimentos de controle para projeto;

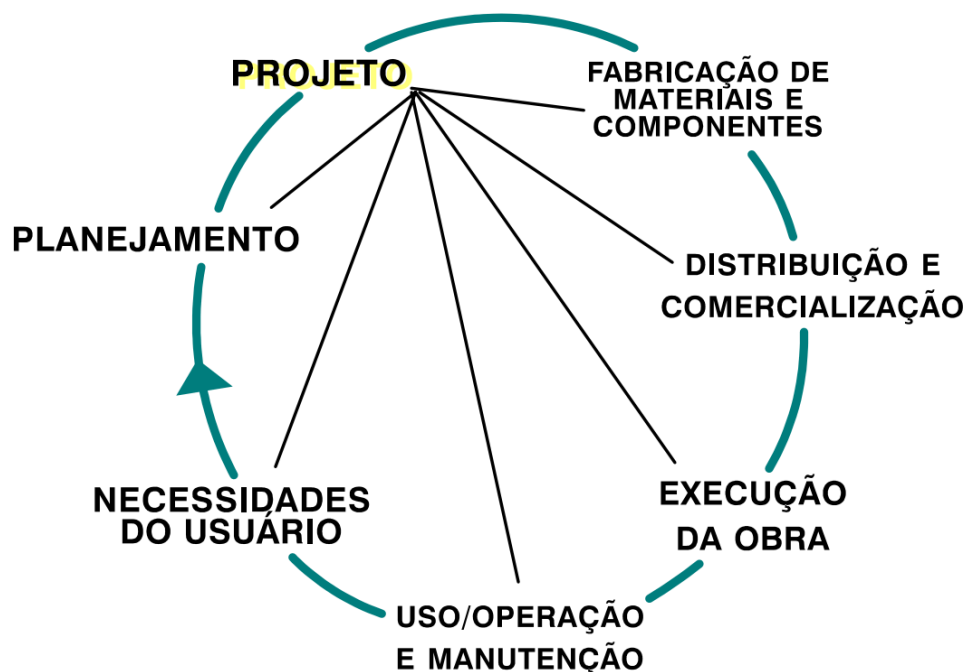
Na alvenaria estrutural existe uma forte interdependência entre os vários projetos que fazem parte de uma obra. Dessa maneira, é necessário implementar a coordenação de projetos, atividade em que o responsável pelo projeto deverá identificar as interferências e as inconsistências, resolvendo conflitos de modo que não cheguem na fase de execução da obra (Camacho, 2006).

Apesar do projeto ser uma peça primordial para o sucesso de um empreendimento, o processo de um projeto apresenta falhas pontuais periódicas. Assim, uma parte significativa das problemáticas enfrentadas durante a construção e o uso do edifício tem origem na falta de detalhamento nas informações fornecidas pelo projetista (Bertezini, 2006). Com isso, entende-se a necessidade de entender como funciona o processo de desenvolvimento de projeto, suas possíveis falhas e pontos a melhorar, bem como suas principais etapas, funções e destaques.

Melhado (1993) já destacava sobre o ciclo da qualidade na construção civil e as relações entre projeto e os demais participantes do ciclo, destacado na imagem abaixo, assim entende-se que o projeto precisa estar diretamente conectado e

compatibilizado com todo o decorrer da obra, assim evitando que os erros sejam detectados somente na execução da obra, os quais têm gastos e efeitos extremamente significativos a longo prazo.

Figura 15 - Ciclo da qualidade na construção civil e as relações do projeto



Fonte: Melhado (1993).

Com essa demonstração gráfica, entende-se a efetiva importância do projeto com uma concepção precisa de todos os elementos e processos construtivos implementados nele, bem como a maneira que afeta a fabricação, a execução, o uso e as necessidades do usuário final.

2.2.3 Processo de desenvolvimento de projeto

Para Cardoso (1996), o processo de produção da construção civil ocorre desde os estudos preliminares iniciais até a utilização da obra. Pode-se dizer, então, que um empreendimento é composto por várias etapas desde prospecção de terrenos, fabricação de materiais, projetos de variadas disciplinas, construção, até as operações de uso e ocupação do edifício. (Bertezini, 2006).

Melhado (2001) entende que os empreendimentos de construção são organizados em quatro principais etapas: (i) a *montagem da operação*; (ii) o *desenvolvimento do projeto*; (iii) a *execução dos serviços*; (iv) a *gestão do*

empreendimento. Dessas fases construtivas, o processo de criação de projetos necessita ser bem entendido e planejado para a eficiência das fases subsequentes.

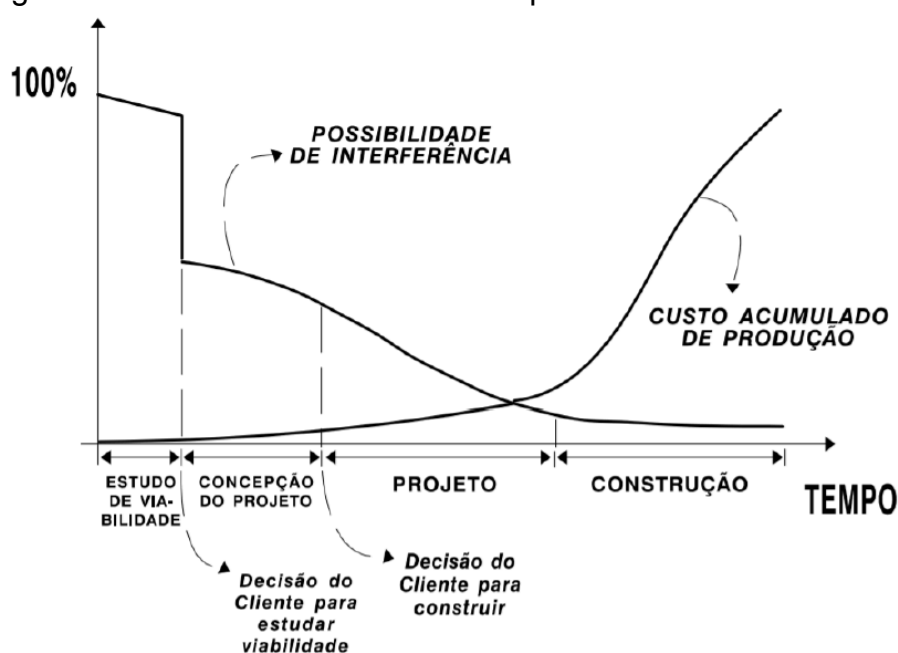
2.2.3.1 Custos envolvidos no projeto

Consoante Fabrício (2002), o processo de projeto está associado não apenas aos projetos de arquitetura e engenharia, os quais representam a concepção espacial do produto e seu caráter tecnológico, mas também precisa de um entendimento mais abrangente, estabelecendo relações com as demais fases do empreendimento e seus agentes.

Um desses fatores primordiais a serem entendidos são os custos envolvidos de projeto. Esses valores representam os menores envolvidos no custo total do empreendimento, apenas cerca de 3 a 11% (CAU, 2013). Contraditório a isso, é importante destacar que todas as decisões e escolhas consideradas nessa etapa irão afetar diretamente todos os processos no decorrer da execução da obra.

Hammarlund e Josephson (1991) consideram que a fase inicial — estudo de viabilidade / concepção / projeto — tem a maior influência nos custos totais da construção, com o ajuste de possíveis falhas com antecedência, evitando possíveis imprevistos durante a fase de execução de serviços, assim como mostra a figura.

Figura 16 - Influência das fases do empreendimento no custo total

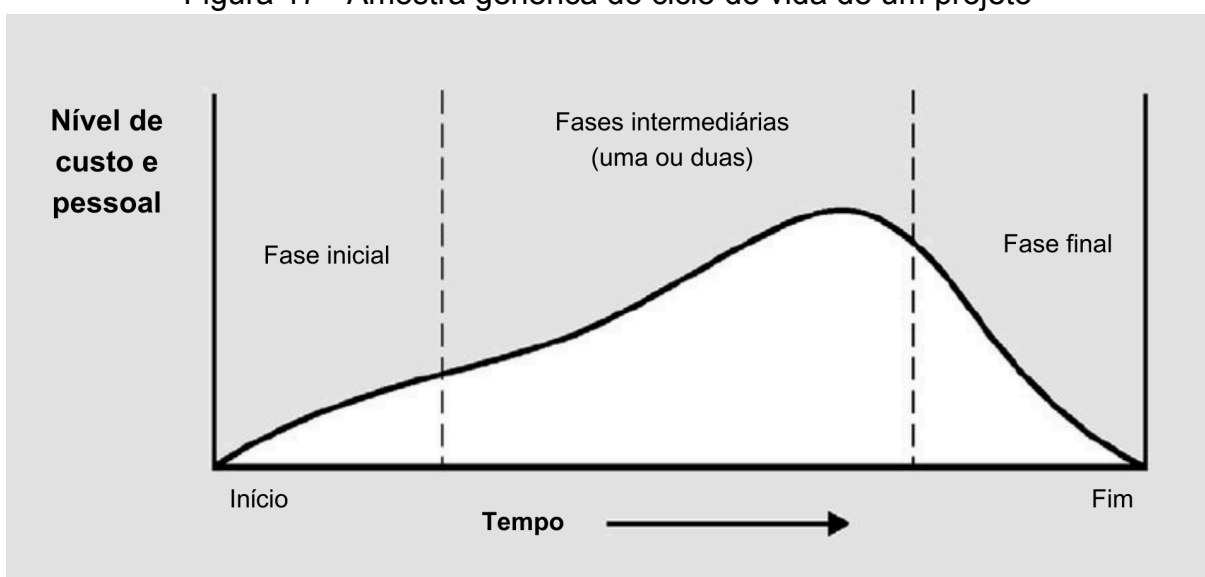


Fonte: Hammarlund e Josephson (1991).

A ideia transmitida por Hammarlund e Josephson foi sustentada e reiterada por outros autores. Hronec (1994) e Picchi (1993) destacam que na etapa de concepção da edificação, 80% são definidos com base nos planejamentos e escolhas iniciais. Porém, esses custos não afetam somente o decorrer da construção, eles definem também como será o pós-obra e a manutenção após o início do uso, sendo responsáveis por 60% das patologias ocorridas. (Abrantes; Costa, 1991).

O PMI (2000) contribui afirmando que o custo e o número de pessoas envolvidas em um empreendimento são baixas em sua fase inicial, aumentam no decorrer do processo e diminuem novamente no final da obra, assim como apresentado na figura a seguir. Esse custo aumenta no limiar da construção devido, principalmente, ao custo de adaptação e mudança consequente da fase de projetos, por isso a correção de prováveis erros e incompatibilidades deve ser feita nessa etapa.

Figura 17 - Amostra genérica do ciclo de vida de um projeto



Fonte: Adaptado de PMI (2000).

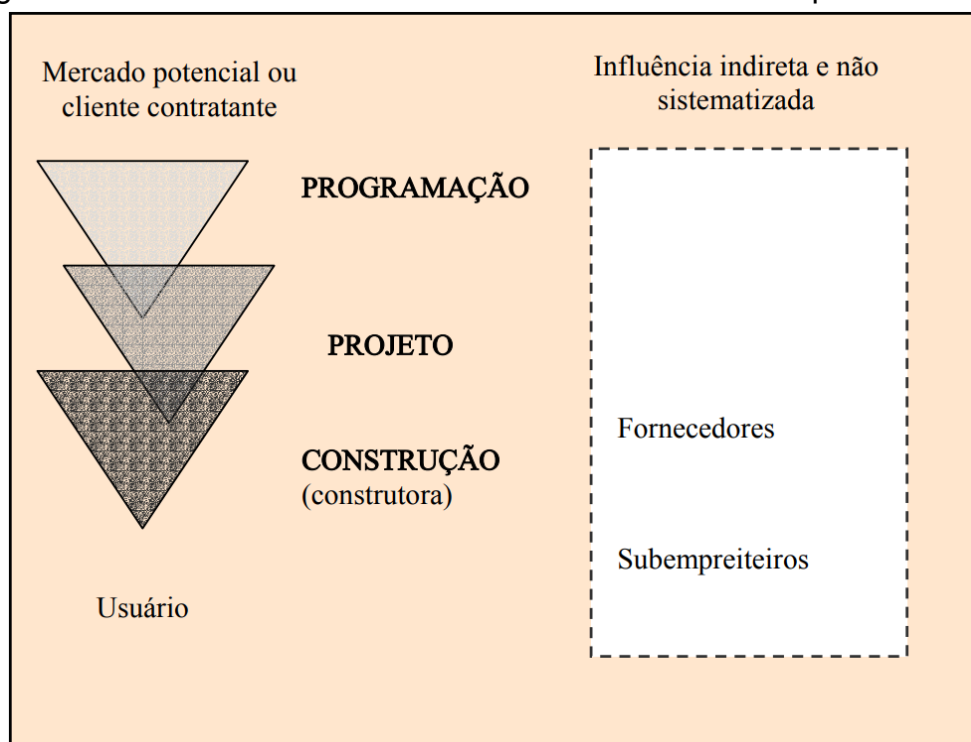
2.2.3.2 Agentes envolvidos no projeto

Segundo Gobin (1993), o processo de desenvolvimento tradicional de um empreendimento ocorre em três principais fases, destacando os principais agentes em cada uma delas.

- **Fase 01:** Empreendedor, com sua concepção inicial de um empreendimento, de acordo com suas necessidades e seus anseios, baseado nas tendências de mercado e nas experiências adquiridas em experiências anteriores.
- **Fase 02:** Arquiteto, com o desenvolvimento da ideia do empreendedor em forma de projeto arquitetônico, resolvendo os problemas não pensados pelo cliente, criando soluções resolutas para os mesmos, com a inclusão de suas próprias ambições, posteriormente, em um segundo plano, são criados e concebidos os projetos complementares da edificação.
- **Fase 03:** Construtora, na etapa de produção e execução, com a identificação e a resolução dos problemas de projeto, com o processo de amadurecimento do projeto baseado nas vantagens para a construtibilidade.

Com base no pensamento de Gobin, Fabrício (2002) destaca outros dois agentes que merecem destaque relevante no processo de desenvolvimento: os fornecedores e os empreiteiros, agentes indiretos que influem na forma de executar o projeto — muitas vezes não considerados nesse processo —, bem como nas escolhas no decorrer da construção, assim como abordado na figura abaixo.

Figura 18 - Processo de desenvolvimento tradicional de empreendimentos



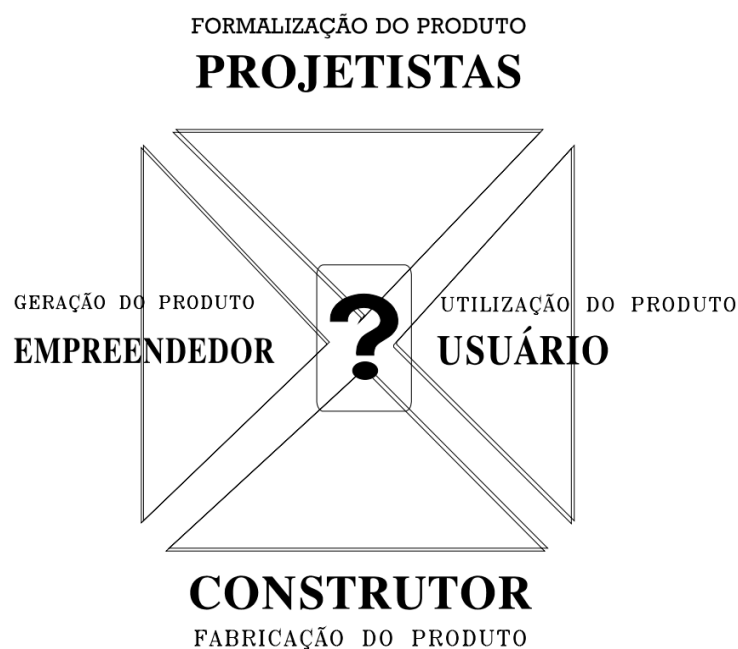
Fonte: Gobin (1993); Fabrício (2002).

Melhado e Violani (1992) reiteram os pensamentos acima, discutindo sobre a composição de participantes envolvidos em um empreendimento na área de construção de edifícios, sendo quatro principais, como apresentado no texto e na figura a seguir.

- **o empreendedor**, o primeiro na cadeia de criação do empreendimento responsável pela *geração do produto*;
- **o projetista**, a pessoa que vai projetar numa planta técnica todos os anseios e desejos do empreendedor, atuando na *formalização do produto*;
- **o construtor**, o elo principal da execução desse projeto, o qual viabiliza a efetiva *fabricação do produto*;
- **o usuário**, o que comprou o conceito idealizado pelo empreendedor, que assume a *utilização do produto*.

Cada elemento desse quadrante tem interesses diferentes nesse processo e perspectivas opostas para a intervenção do resultado final, garantindo o sucesso do empreendimento (Melhado, 1994).

Figura 19 - Principais participantes atuantes na construção de edifícios

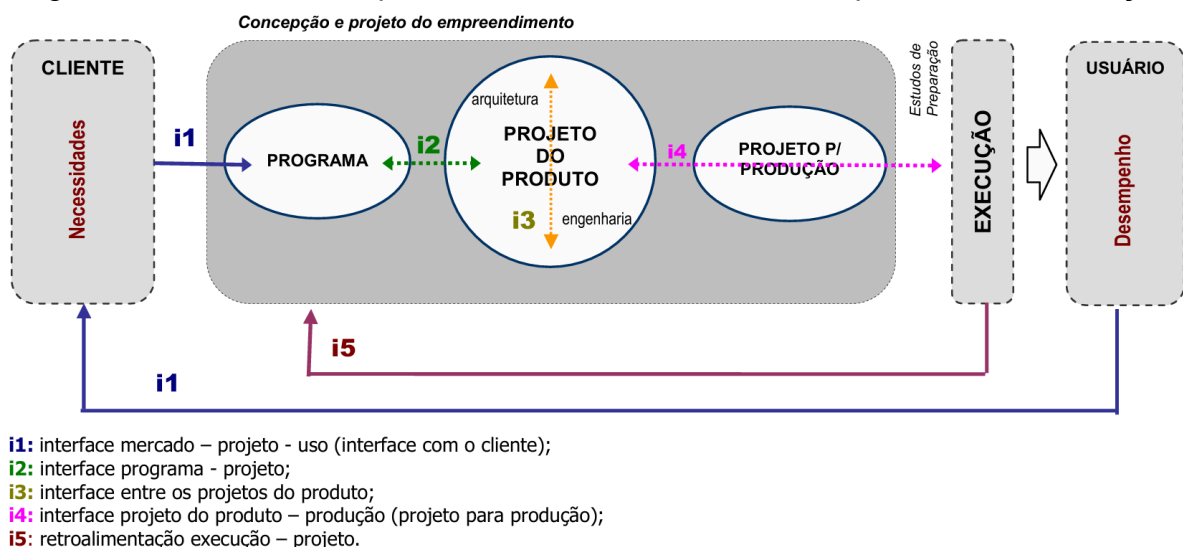


Fonte: Melhado e Violani (1992).

Com base nesses elementos atuantes, é necessário compreender a concepção proposta por Fabricio e Melhado (2001) envolvendo cinco interfaces de colaboração de projeto, as quais envolvem cooperações diretas e indiretas com os agentes do empreendimento, com relações mais estreitas entre eles:

- A interface um (i1) deve garantir a orientação do projeto às necessidades dos clientes / usuários e analisar o desempenho do edifício visando novos projetos.
- A interface dois (i2) visa estabelecer uma colaboração entre a concepção do negócio e a especificação das necessidades com a criação e investigação projetual do produto.
- A interface entre os projetistas de especialidades (i3) é clássica e se relaciona com a busca de uma efetiva coordenação na atuação dos projetistas e no desenvolvimento em paralelo de diferentes disciplinas de projeto.
- A interface i4 está relacionada à construtibilidade dos projetos e à elaboração de projetos para produção que resolvam antecipadamente, e de forma coerente com as especificações do produto, os métodos construtivos dos subsistemas da obra.
- A interface i5 representa a necessidade de acompanhamento da obra e elaboração do “as built” de forma a garantir a retroalimentação de futuros projetos.

Figura 20 - Interfaces do processo de desenvolvimento de produto na construção



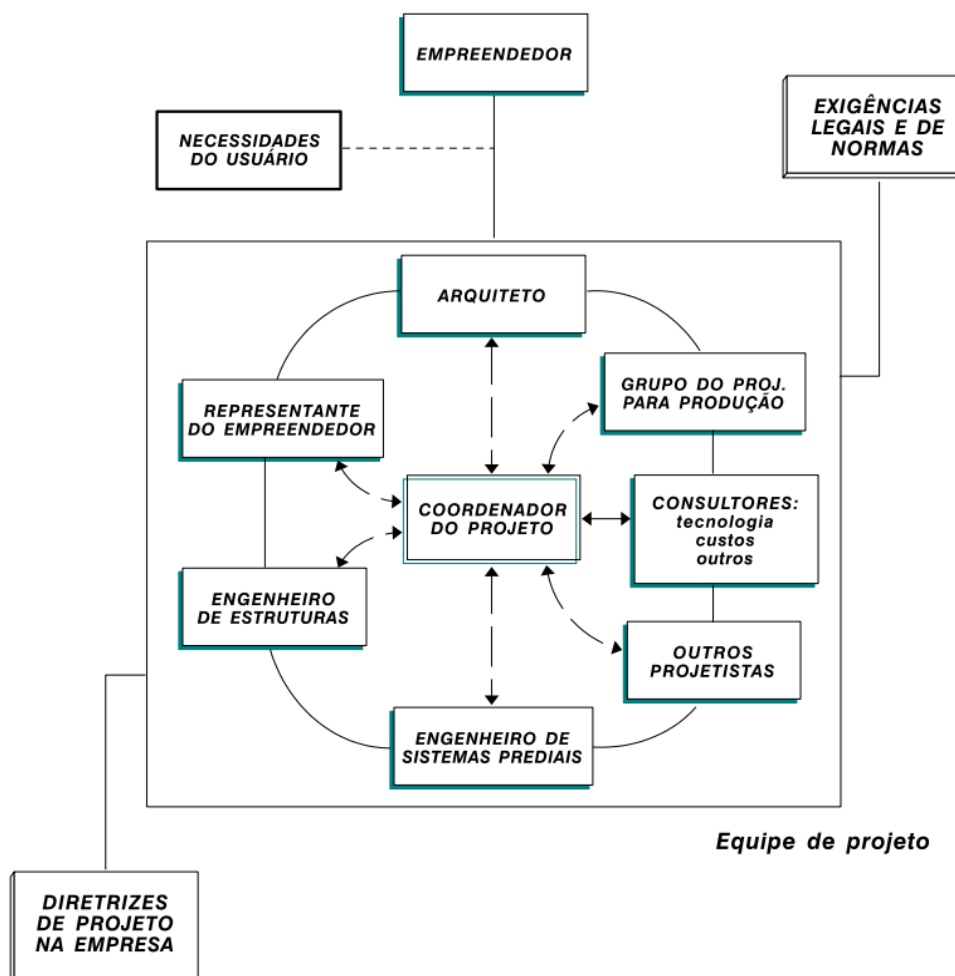
Fonte: Fabricio e Melhado (2001).

Para atingir os objetivos propostos nas interfaces acima, são necessárias equipes multidisciplinares de projetos. Melhado (1994) desenvolveu um modelo de proposta de estruturação para tal equipe, como pode perceber na figura abaixo.

Nessa equipe, são apontados os referidos profissionais: arquiteto, consultores de disciplinas específicas, coordenador de projetos, engenheiro de estruturas, engenheiro de instalações, engenheiro de sistemas prediais, outros projetistas, representante do empreendedor e representante da empresa construtora.

Para a efetividade desse sistema, é necessário ter reuniões periódicas entre a coordenação de projeto, o representante do empreendedor, os projetistas e eventualmente os consultores. Essas deverão ser no mínimo duas reuniões por etapa, consideradas indispensáveis para dar continuidade à orientação das atividades do projeto (Melhado, 1994).

Figura 21 - Proposta de equipe multidisciplinar no desenvolvimento do projeto



Fonte: Melhado (1994).

Com isso, também, é necessário discutir a atuação dos projetistas, suas principais demandas e responsabilidades. Para isso, o manual de qualidade do empreendimento publicado pela ASCE (1988) apresenta algumas considerações importantes:

- Os projetistas que respondem por cada disciplina envolvida no projeto são elementos-chave, devendo ser cobrada deles a responsabilidade sobre a produção dos elementos de projeto correspondentes, quanto a: prazos, atendimento às necessidades do empreendedor, qualidade e precisão das soluções técnicas, e custos;
- Cada um dos projetistas deve estar preocupado em garantir a compatibilidade do seu trabalho com o dos demais membros da equipe, colaborando para a coordenação das interfaces.

Portanto, a equipe multidisciplinar formada para o desenvolvimento do projeto necessita estar bem alinhada, organizada e perspicaz para atender as necessidades do usuário, as exigências legais e de normas e as diretrizes de projeto na empresa para a eficiência final do produto. Para tanto, as etapas devem ser bem definidas, assim como o papel de cada agente envolvido bem estruturado.

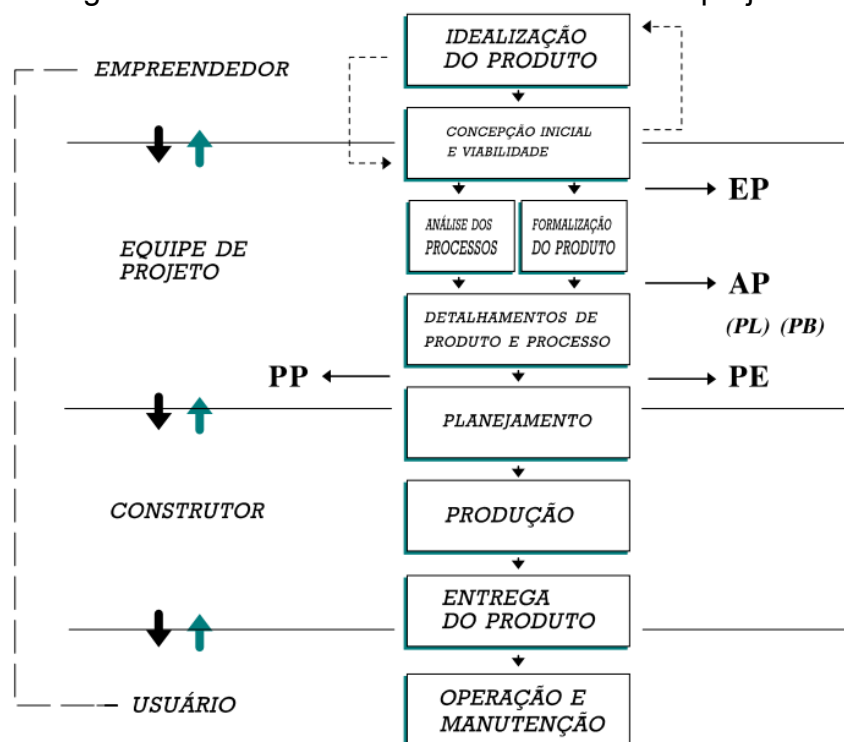
2.2.3.3 Etapas envolvidas no projeto

Com o passar dos anos, os prazos para o desenvolvimento e compatibilização de projetos estão sendo comprimidos, de modo que a construção inicie e finalize suas operações o mais rápido possível para conseguir os lucros com agilidade. Com isso, o cronograma de desenvolvimento dos projetos tem o seu tempo suprimido, o qual pode ser crucial na solução de problemas com antecedência, evitando atrasos de obra e custos extras não previstos em orçamento (Nogueira; Mizrahi; Bastos, 2020).

Por isso, etapas bem definidas e com espaço temporal condizente para sua execução são extremamente necessárias para o processo final. Melhado (1994) entende a divisão do processo de desenvolvimento de projetos em etapas com a devida participação dos quatro principais agentes do empreendimento, como apresentado no verbete e na figura a seguir.

- **idealização do produto:** a formulação do empreendimento ocorre a partir de uma primeira solução que atenda a uma série de necessidades e restrições iniciais colocadas, com base no definido no *Programa de Necessidades*;
- **análise de viabilidade:** a solução inicial é avaliada, segundo critérios estabelecidos previamente, contemplando aspectos de custo, tecnologia, adequação ao usuário e às restrições legais correspondentes; o *Estudo Preliminar* servirá de ponto de partida para o desenvolvimento do projeto;
- **formalização:** a solução adotada cria forma, resultando ao final dessa etapa no nível de *anteprojeto*;
- **detalhamento:** são elaborados, conjuntamente, o detalhamento final do produto (que resulta no *Projeto Executivo*) e a análise das necessidades vinculadas aos processos de execução, esta última dando origem ao *Projeto para Produção*.

Figura 22 - Processo de desenvolvimento do projeto



EP - Estudo Preliminar
 AP - Anteprojeto
 PL - Projeto Legal
 PB - Projeto Básico
 PE - Projeto Executivo
 PP - Projeto para Produção

No decorrer dessas fases do desenvolvimento de processo, são confeccionados produtos, em forma de peças técnicas com denominações usuais de acordo com a fase e com a especialidade envolvida. Melhado (1994) define esses produtos da seguinte maneira:

- **Programa de Necessidades:** conjunto de parâmetros e exigências a serem atendidos pela edificação a ser concebida;
- **Estudo Preliminar:** concepção e representação gráfica preliminar, atendendo aos parâmetros e exigências do programa de necessidades, permitindo avaliar o partido arquitetônico adotado e a configuração física das edificações, inclusive a implantação no terreno;
- **Anteprojeto:** representação preliminar da solução adotada para o projeto, em forma gráfica e de especificações técnicas, incluindo: definição de tecnologia construtiva, pré-dimensionamento estrutural e de fundação, concepção de sistemas de instalações prediais, com informações que permitam avaliações da qualidade do projeto e do custo da obra;
- **Projeto Executivo:** representação final e completa das edificações e seu entorno, na forma gráfica e de especificações técnicas e memoriais, suficientes para a perfeita compreensão do projeto, elaboração do orçamento e contratação das atividades de construção correspondentes;
- **Projeto para Produção:** conjunto de elementos de projeto elaborados de forma simultânea ao detalhamento do projeto executivo, para utilização no âmbito das atividades de produção em obra, contendo as definições de: disposição e sequência das atividades de obra e frentes de serviço; uso de equipamentos; arranjo e evolução do canteiro; dentre outros itens vinculados às características e recursos próprios da empresa construtora.

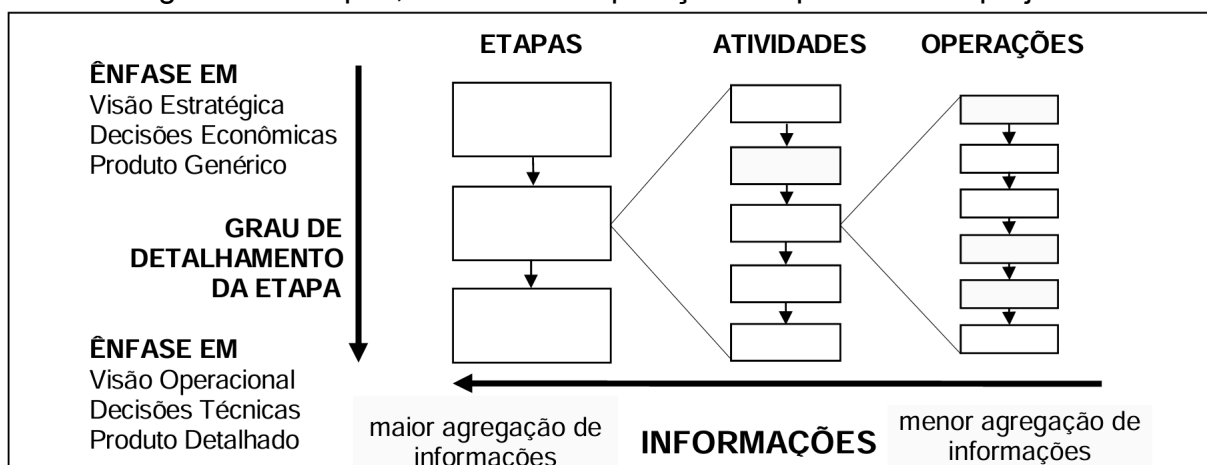
Tzortzopoulos (1999), em seu estudo de caso, definiu uma subdivisão hierárquica dos processos do projeto, com o objetivo de propiciar “uma melhor compreensão do processo como um todo, e de suas partes separadamente, sem que seja perdida a visão sistêmica do processo, permitindo a criação de ferramentas de gestão apropriadas a cada nível”.

São definidos três níveis desse processo — etapas, atividades e operações — sempre com um grau de detalhamento maior a cada divisão com ênfases em

visões, decisões e produtos diferenciados, dependendo da fase a qual essa operação está alocada. As definições propostas pela autora são as seguintes:

- A **etapa** é uma parte do processo de projeto composta por um conjunto de atividades em interação que contribuem para alcançar um produto bem definido. As diversas etapas ocorrem linearmente, ou seja, o início de uma etapa é normalmente dependente do final da etapa anterior na maioria dos casos. O produto da etapa reflete todos os aspectos do empreendimento e, a cada nova etapa, estes aspectos são refinados e aprofundados;
- A **atividade** é uma parte da etapa composta por um conjunto de operações, caracterizada por ter início e fim bem definidos. As diversas atividades podem ocorrer de forma sequencial, paralela ou de forma interdependente. Cada atividade tem um produto que agrega informação ou gera definições para o produto final;
- A **operação** é uma parte da atividade composta por cada pequena ação necessária à realização da atividade. As operações também podem ocorrer de forma sequencial, paralela ou de forma interdependente, e nem sempre possuem produtos bem definidos.

Figura 23 - Etapas, atividades e operações do processo de projeto



Fonte: Tzortzopoulos (1999).

Os critérios utilizados para simplificar a definição do conteúdo das etapas, atividades e operações propostas no modelo são os seguintes:

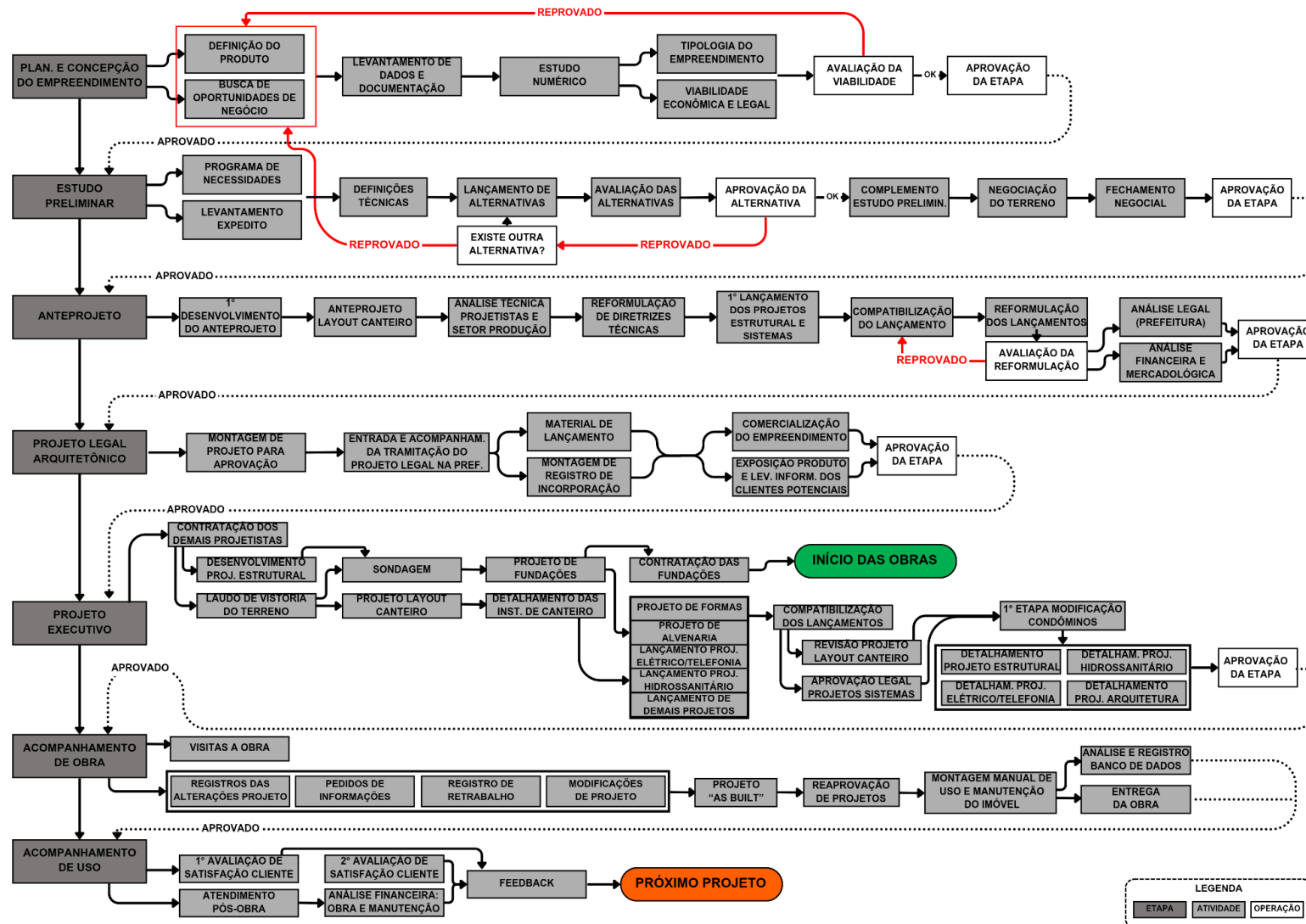
- o produto do processo;

- a forma de sequenciamento;
- a pessoa que desenvolve;
- o tempo utilizado;
- a forma de aprovação e de avaliação;
- o número de divisões;
- a frequência de subdivisões.

Ainda, a autora desenvolveu um fluxograma das etapas, atividades e operações relacionadas ao processo de projeto aplicado a edificações, com o objetivo de ser uma representação gráfica simplificada do estudo, definindo relações de precedência e o grau de envolvimento dos principais intervenientes na execução das atividades.

Tal peça gráfica foi aplicada para o estudo de caso em questão com a abrangência de empresas construtoras e incorporadoras de pequeno porte desde a concepção inicial até o feedback final do cliente após a utilização.

Figura 24 - Fluxograma de desenvolvimento de projetos de edifícios



Fonte: Tzortzopoulos (1999), adaptado pelo autor.

2.3 INDICADORES

2.3.1 Dados e Informações

Para entender o que é são indicadores e como os mesmos funcionam, é necessário compreender os conceitos de dados e de informações, bem como o processo até se transformarem em índices paramétricos para solucionar problemas e serem decisivos para tomadas de decisões importantes.

Na visão de Campbell (1977), dados são “fatos brutos, desagrupados e frequentemente sem relação com o outro”. Já para Davis e Olson (1987), é um “grupo de símbolos não aleatórios que apresentam quantidades, ações, objetos e são formados a partir de caracteres (alfabéticos, numéricos ou símbolos)”. Goldratt (1991), ainda, destaca que dado “é qualquer gama de característica que descreva algo sobre nossa realidade”.

Bio (1991) entende dado como “um elemento da informação (um conjunto de letras ou dígitos) que, tomado isoladamente, não transmite nenhum conhecimento, ou seja, não contém um significado intrínseco”. Oliveira (1998), também, relata que dado é “qualquer elemento identificado em sua forma bruta que por si só não conduz a compreensão de determinado fato ou situação”.

Além disso, Setzer (2001) tem uma definição própria de dado:

Defino dado como uma sequência de símbolos quantificados ou quantificáveis. Portanto, um texto é um dado. [...] Também são dados fotos, figuras, sons gravados e animação, pois todos podem ser quantificados a ponto de se ter eventualmente dificuldade de distinguir a sua reprodução, a partir da representação quantificada, com o original. [...] Com essa definição, um dado é necessariamente uma entidade matemática e, desta forma, é puramente sintático. Isto significa que os dados podem ser totalmente descritos através de representações formais, estruturais. Sendo ainda quantificados ou quantificáveis, eles podem obviamente ser armazenados em um computador e processados por ele.

Um dado, para a construção de indicadores, pode ter como base “um valor quantitativo referente a um fato ou circunstância”, um “número bruto que ainda não sofreu qualquer espécie de tratamento estatístico” (Brasil, 2005). O que esses dados possuem em comum é o fato de serem coletados, processados, armazenados e disponibilizados para potenciais usuários como pesquisadores, gestores, organizações não governamentais e o público em geral (Sobral *et al.*, 2011).

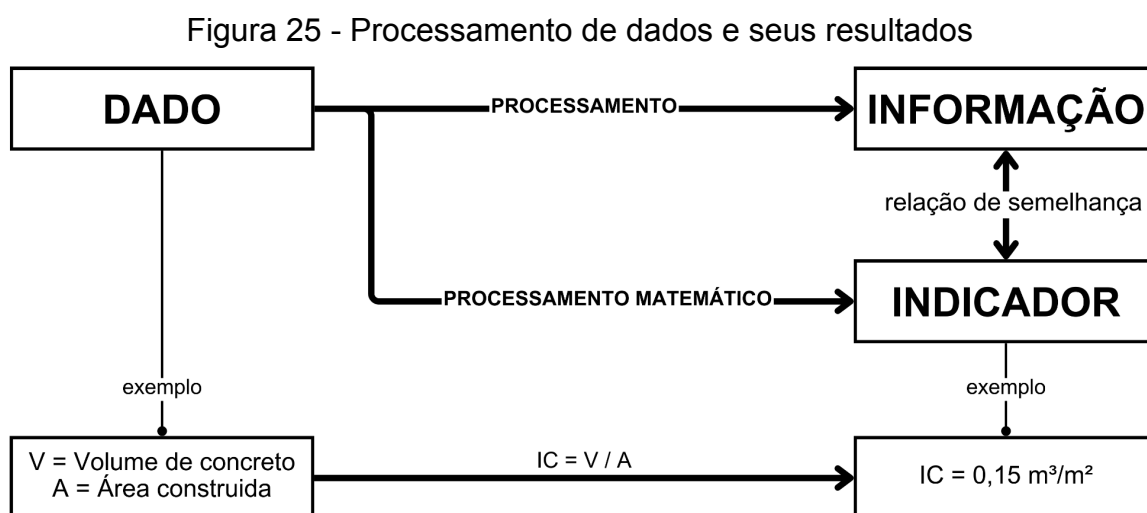
Para que os dados tenham relevância e possam efetivamente informar a respeito de algo, é necessário que passem por um processo mais refinado de sistematização. Um dado, por si só, não diz muita coisa sobre um determinado acontecimento (Sobral *et al.*, 2011).

Nesse sentido, entende-se como informação: “um dado que foi processado numa forma significativa para o seu receptor e seu valor é real ou percebido, atualmente, em ações futuras ou decisões. (Davis; Olson, 1987). O resultado do tratamento de dados seria outro conceito de informação (Bio, 1991).

Pode-se entender com base em conceitos supracitados, que os dados são elementos com existência independente, e por isso não transmitem ou acrescentam nenhum conhecimento. Por outro lado, a informação é um elemento que necessita de um contexto específico para existir (Freire, 2007).

Para obter informações a partir de dados, são necessários sistemas de informações. Isso é definido como um esforço organizado para fornecer essas informações que visam a operação e a decisão de empresas (Dias, 1985). Nesses sistemas, as informações são obtidas a partir do processamento de dados coletados por algum meio (manual ou automatizado), como pode-se entender na figura abaixo.

Ainda, Freire (2007) relata que esse processamento ocorre de uma maneira matemática, por meio de fórmulas, gerando outro resultado: o indicador, o qual tem uma relação de semelhança com a informação, ambos resultados de dados levantados e tratados.



*IC = Indicador de concreto relacionando volume e área construída

Fonte: Freire (2007); Oliveira, Freitas (2000), adaptado pelo autor.

Por fim, a Fundação Nacional de Qualidade (FNQ) desenvolveu uma tabela comparativa entre dado, informação e indicador, diferenciando esses termos entre si, como mostra o quadro abaixo:

Quadro 2 - Relação entre dados, informações e indicadores

DADOS	INFORMAÇÕES	INDICADORES
Disponíveis para manipulação no banco de dados	Organizadas e já manipuladas em primeiro nível	Manipulados matematicamente por meio de fórmulas
Abundantes e armazenados em sua totalidade	Selecionadas em formato de telas e/ou relatórios	Parametrizados em formatos de gráficos lineares
Viabilizados por meio de coleta de dados	Viabilizadas por meio de softwares gerenciais	Viabilizados por meio de contagem
Não tem foco na gestão	Com foco abrangente e dispersivo	Como foco no que é relevante

Fonte: FNQ (2014), adaptado pelo autor.

2.3.2 Conceito de indicadores

Os indicadores exercem um papel importante em qualquer ramo de atividade empresarial, principalmente para avaliação, planejamento, controle, e melhoria da qualidade nas empresas.” (Freire, 2007). Eles podem ser utilizados como importante ferramenta de medida para expressar as informações relacionadas ao desempenho das organizações, de forma clara e objetiva (Cardoso, 2004).

De acordo com Takashina e Flores (1996), indicadores são “formas de representação quantificáveis das características de produtos e processos, utilizados pelas organizações para controlar e melhorar a qualidade do desempenho de seus produtos, e processos ao longo do tempo”. Ainda, Perotto *et al.* (2008) afirmam que os indicadores são variáveis que resumem ou simplificam as informações relevantes sobre o estado de um sistema complexo.

Para Bellen (2005), agregar e quantificar informações de modo que sua significância fique mais aparente são os principais objetivos dos indicadores. Além disso, por meio dos indicadores é possível avaliar a gestão, de forma usual e efetiva,

com evidência da situação real e da evolução ao decorrer do tempo, com a comparação de referências externas (Kardec; Arcuri; Cabral, 2002).

Com esses conceitos devidamente explanados, entende-se o motivo da realização dessa pesquisa, a qual irá gerar dados que transmitem a realidade atual dos projetos de alvenaria estrutural no Brasil, para efetivas tomadas de decisão e prováveis análise de gastos e custos no limiar da execução da construção.

2.3.3 Indicadores aplicados na construção civil

Lantelme (1994) e Costa (2003) relatam em seus estudos que indicadores têm um baixo índice de utilização em empresas de construção civil. Lantelme, ainda, acredita que esta baixa adesão advém dos seguintes fatores (Mello *et al.*, 2008):

- a dificuldade que as empresas têm para identificar quais os indicadores críticos em relação às estratégias e fatores críticos de sucesso;
- tendência à acomodação, por parte das empresas, quando constatarem que possuem valores melhores que os de referência do setor;
- a utilização do sistema de medição como uma forma de controle e não como uma forma de comunicação dos objetivos, divisão de responsabilidades e obtenção de maior participação;
- visão de curto prazo da gerência que busca resultados imediatos, esquecendo que a implementação de um sistema de medição requer tempo até o aparecimento dos resultados.

Mello *et al.* (2008) afirmam que as empresas de projetos de engenharia com a utilização de sistemas de medição costumam gerar indicadores mais simples de informações com dados fáceis de serem obtidos, sem levar em conta quais dados são realmente críticos para o crescimento da melhoria contínua (Oliveira; Freitas, 2000; Lantelme, 1994).

Além disso, Barros Neto (1999) ressalta a dificuldade da implantação de indicadores devido ao aspecto único do projeto e das condições locais, além da extrema variabilidade das condições externas, típicas da construção civil. Entretanto, fica claro que a concepção, implementação e utilização de indicadores pelas empresas da construção civil é uma necessidade para que possam manter os esforços de aprimoramento (Mello *et al.*, 2008).

Para tanto, é necessário medir os processos, verificar as diferenças entre o planejado e o realizado e quantificar os ganhos de produtividade e qualidade obtidos

para real efetividade dos indicadores gerados, quando isso não é feito torna-se extremamente difícil o incentivo para o uso de tais sistemas (Mello et al., 2008).

Mello *et al.* (2008) concluem que para o sucesso da implementação de um sistema de indicadores, é fundamental que se tenham as estratégias da empresa em mente bem como os objetivos a serem alcançados.

Nos dias atuais, muitas construtoras têm dado maior ênfase para o desenvolvimento e implementação de sistemas de indicadores para *benchmarking* (Viana, 2020). Esse processo pode medir a avaliação do desempenho da empresa em relação aos padrões atingidos por outras empresas, bem como a definição de novos desafios para a melhoria contínua (Dibella; Nevis; Gould, 1996; Costa; Formoso, 2011).

Para que esses padrões de desempenho necessários sejam atingidos, é imprescindível que as empresas do ramo da construção civil adotem indicadores precisos para desenvolver e trabalhar baseado neles. Esses índices precisam ter dados que visem uma constante melhoria em seus processos e resultados, assim também que ajudem a escolher os melhores sistemas construtivos, os quais tenham custo-benefício adequado para o andamento dos processos.

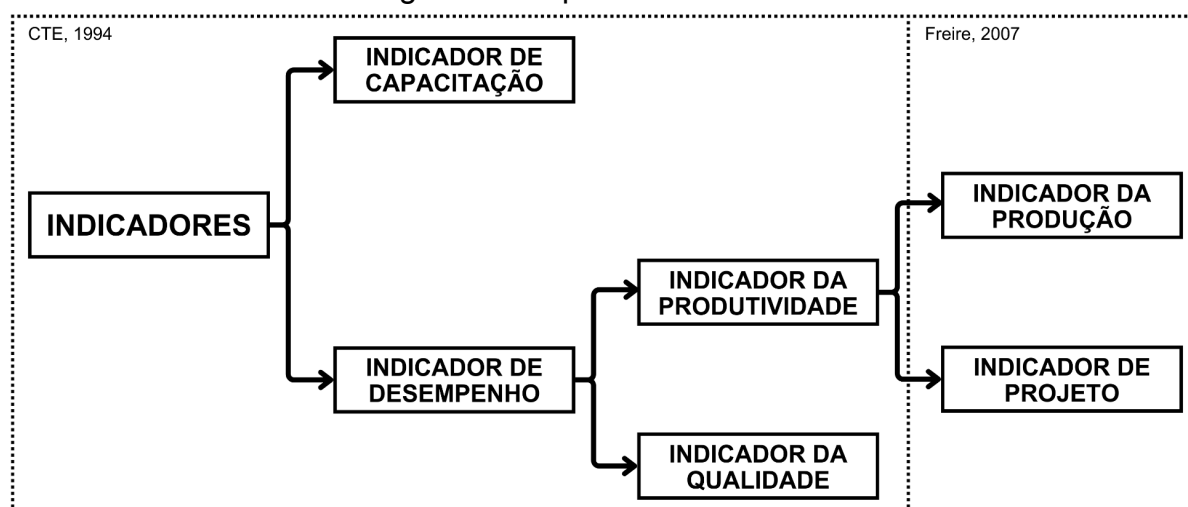
2.3.4 Tipos de indicadores

O Centro de Tecnologia de Edificações (CTE, 1994) classifica os indicadores em dois tipos: de capacitação (os quais informam sobre uma determinada estrutura de produção) ou de desempenho (os quais mostram resultados atingidos por determinado processo ou produto). Esses indicadores de desempenho ainda se subdividem verificando a qualidade, atendendo as necessidades dos clientes, e a produtividade, com a verificação do desempenho de um processo.

Francischini (1996) entende que os indicadores de produtividade são “básicos para a identificação de oportunidades de aperfeiçoamento e de inovações”. Com isso, é necessário entendê-los para haver um planejamento e um controle correto das operações da construção civil com base em informações precisas.

Posteriormente, Freire (2007) acrescenta uma subdivisão dos indicadores de produtividade em dois tipos: de produção — visando a produtividade de serviços — e de projeto — visando índices de elementos presentes em projetos —, sendo o objeto de estudo da monografia em questão, o último desses indicadores.

Figura 26 - Tipos de indicadores



Fonte: CTE (1994); Freire (2007), adaptado pelo autor.

2.3.4.1 Indicadores de desempenho (KPIs)

De acordo com Eckerson (2010), um indicador de desempenho (KPI — key performance indicator) é uma métrica que mensura o desenvolvimento das performances de indivíduos e organizações em atividades operacionais, táticas ou estratégicas, que são críticas para o atual e o futuro sucesso da organização.

Com base nisso, Kerzner (2011) afirma que os KPIs têm funções que vão além de serem apenas uma métrica. Assim, o autor faz uma “anatomia” do termo em questão, destacando o significado de cada letra:

- **Key:** uma contribuição principal para o sucesso ou a falha do projeto;
- **Performance:** uma métrica que pode ser mensurada, quantificada, ajustada e controlada, a qual precisa ser controlável para melhoria da performance;
- **Indicator:** representação racional da performance atual e futura.

Segundo Rodrigues e Rodrigues (2012), os indicadores de desempenho constituem uma ferramenta que permite obter resultados para os diversos parâmetros. Permitem medir e comparar os resultados, tornando os estudos mais rigorosos do ponto de vista do método e, dotando-os de maior credibilidade.

Para Kaplan e Norton (1997), os indicadores de desempenho devem ser elementos com relações de causa e de efeito, que comuniquem o significado da estratégia estipulada e proporcionem aprendizado aos empregados da corporação.

Neely *et al.* (1997) destacam alguns critérios para a definição de indicadores de desempenho, a saber:

- **Título:** ser de fácil entendimento, estar claramente definido, representar exatamente o que está sendo medido;
- **Finalidade:** ter relevância e ter uma finalidade explícita;
- **Relação com o objetivo do negócio:** ser derivado da estratégia, estar relacionado com metas específicas, focar melhoria;
- **Meta:** ter finalidade explícita, fazer parte do ciclo de revisão gerencial, focar na melhoria e fornecer informações relevantes;
- **Periodicidade:** fornecer retroalimentação em tempo adequado e com confiabilidade, ser reportado num formato simples e consistente e fornecer informações;
- **Fórmula:** ser simples para entender, refletir o processo a ser medido, estar claramente definida, adotar taxas ao invés de números absolutos e representar exatamente o que está sendo medido;

Em suma, esses indicadores de desempenho necessitam ser claros e bem específicos para atender as necessidades do gestor de empreendimentos, com resultados que refletem a realidade com dados relevantes. Com isso, também, é necessário entender os conceitos de indicadores de desempenho na área de projetos, objeto principal do trabalho acadêmico.

2.3.4.2 Indicadores de projeto

De acordo com Freire (2007), indicadores de projeto são elementos obtidos por um processamento matemático, com base em dados advindos de projetos arquitetônicos, estruturais e complementares, com o objetivo de fornecer parâmetros de comparação, de planejamento, de desenvolvimento e de controle de qualidade.

Com base nesse conceito, pode-se afirmar esse é um tema de extrema relevância no processo de desenvolvimento de projeto e, com isso, torna-se relevante conhecer os trabalhos acadêmicos que abordam a identificação e a abordagem de indicadores de projeto, como:

- Lantelme (1994), com uma proposta de sistema de indicadores de qualidade e produtividade para a construção civil, um dos elementos destacados foi o projeto, com relações problema x causa x indicador;
- Freire (2007), com a identificação e quantificação de indicadores de projeto de 120 edifícios em alvenaria estrutural;
- Silva Jr. (2010), com sua análise da qualidade de projetos de arquitetura de edificações residenciais de multipavimentos de Goiânia - GO e de Águas Claras - DF, por meio do cálculo de indicadores de desempenho;
- Parsekian *et al.* (2011), com um sistema on-line de indicadores de projeto em edifícios de alvenaria estrutural - *benchmark*;
- Carneiro (2018), com seu trabalho de análise de indicadores de projeto para estruturas em concreto armado do município de Balneário Camboriú - SC;
- Silva (2018), com sua análise do uso de indicadores de qualidade de projeto como ferramenta de auxílio para a tomada de decisão em uma empresa de construções de edifícios;
- Freire *et al.* (2019), com um estudo de concepção de indicadores de projeto em alvenaria estrutural na tipologia arquitetônica em edificações residenciais multifamiliares de até 04 pavimentos no estado do Piauí;
- Shimomukay (2019), com a elaboração de um sistema de indicadores de desempenho, o qual visa aprimorar a gestão do processo de projeto de uma empresa construtora e incorporadora;
- Viana (2020), com o desenvolvimento de indicadores de projeto de arquitetura em empreendimentos da cidade de Maceió;
- Weber *et al.* (2021), com o desenvolvimento de um sistema de indicadores de desempenho para benchmarking em empresas construtoras na cidade de Maceió - AL, com seleção de indicadores de projetos em seu estudo;
- Guilherme (2022), com seu estudo de caso da relação entre indicadores de projeto e custos de um empreendimento do subsetor da construção civil.

O presente estudo tem o intuito de acrescentar informações relevantes e atuais para a literatura acadêmica de engenharia civil sobre indicadores de desempenho de projeto, assim como as dissertações já apresentadas acima, especificamente na análise crítica de projetos estruturais de edifícios altos em alvenaria estrutural.

2.4 DASHBOARDS

Com o decorrer das décadas, as organizações armazenam um grande volume de dados com atualizações frequentes. Por conseguinte, existe uma crescente dificuldade em acessar e visualizar os dados necessários entre várias informações divergentes, bem como em ter dashboards que mostrem os indicadores de desempenho mais relevantes (Sanz, 2018).

Por isso, faz-se primordial entender sobre dashboards: seus conceitos, seus tipos, seus requisitos principais, seus padrões e sua utilização em empresas que realizam o constante gerenciamento de dados, bem como a diferença que esse sistema faz em incorporadoras do ramo de construção civil.

2.4.1 Business Intelligence (BI)

A visualização de dados é um dos principais tópicos de Business Intelligence (BI) e é utilizada para ajudar os utilizadores a tomar decisões, bem como a identificar ineficiências nos processos ou padrões de comportamento que sugerem, por exemplo, fraude (Watson, 2017).

O termo Business Intelligence (BI) foi criado por Richard Millar Devens em 1865, posteriormente reformulado por Hans Peter Luhn em 1958 (Oey *et al.*, 2021).

Luhn (1958) definiu-o como a capacidade de assimilar as relações dos fatos expostos, de modo a orientar as atividades em direção a um objetivo desejado, com a crença de que o progresso origina-se de uma comunicação eficiente em todos os aspectos do esforço humano.

Dresner (1989) descreveu BI como “um termo abrangente que engloba aplicações, infraestruturas, ferramentas, e as melhores práticas que permitem o acesso e a análise de informações para melhorar e otimizar decisões e desempenho”.

O conceito de BI está fundamentado na interação entre gestão e tecnologia em uma lógica de estruturação das informações gerenciais, com a visão de gerar valor ao negócio (Barbieri, 2001). Essa ideia é reiterada por Wu *et al.* (2007), que entendem BI como um conjunto de metodologias, processos e tecnologias que transformam dados não tratados e provenientes de diversas origens em informação útil que potencia o pensamento estratégico nas organizações.

Para entendimento do processo de funcionamento de BI, os autores Lucena, Castro e Oliveira (2023) desenvolveram uma imagem visual dessas etapas.

Figura 27 - Processo resumido de BI



Fonte: Lucena, Castro e Oliveira (2023).

“Onde a etapa 1 consiste na captação e armazenamento dos dados; a etapa 2 consiste em organizar e analisar esses dados obtidos na etapa 1 e a etapa 3 é o processo final onde é possível visualizar e interpretar dados com alguma informação agregada” (Lucena; Castro; Oliveira, 2023).

Com as etapas de funcionamento do BI detalhadas, é relevante destacar os principais objetivos que essa ferramenta pretende alcançar. Turban *et al.* (2009) destacam metas bem estabelecidas, como:

- permitir o acesso interativo dos dados;
- proporcionar a manipulação desses dados e fornecer a capacidade de realizar a melhor análise aos gestores e analistas de negócio;
- conseguir valiosas perspectivas que podem servir como base para decisões e melhores visualizações de cenários para os tomadores de decisão ao analisar os dados, situações e desempenhos históricos e atuais.

Em síntese, o sistema BI visa apresentar dados de maneira visual e interativa para tomada de decisões estratégicas com resultados assertivos. Portanto, nesse estudo será utilizado o software Power BI para o desenvolvimento de dashboards que analisam os índices de projeto de alvenaria estrutural estabelecidos pelo autor.

2.4.2 Power BI

O software Power BI, criado em 2015 pela Microsoft, trata-se de um sistema rico em recursos de BI que integram serviços de análise de negócios e análise de dados, com o objetivo de personalizar e de fornecer visualizações interativas de painéis dinâmicos e relatórios sofisticados (Lucena *et al.*, 2023).

Esse programa, também, integra várias ferramentas que possibilita a análise de dados e a vinculação de dados de variadas fontes, que permitem analisar indicadores e métricas de desempenho que são importantes para o crescimento da organização e auxiliam no processo de tomada de decisão (Ferrari; Russo, 2016; Gonçalves *et al.*, 2023; Microsoft, 2024).

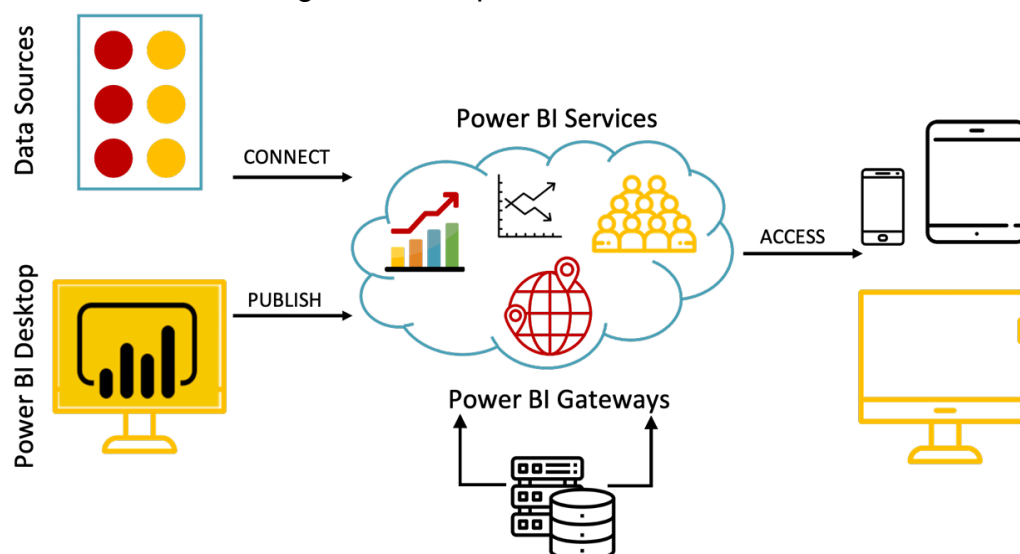
As funcionalidades avançadas do Microsoft Excel foram o ponto de partida para o desenvolvimento do Power BI, sendo o Power Query como a ferramenta principal, o qual tem função de acessar dados de tabelas em uma ampla variedade de formatos, variando de bancos de dados de grande porte até meros arquivos de textos, transformando-os em tabelas dinâmicas e ferramentas gráficas (Kline, 2014; Becker e Gould, 2019).

Outros *add-ons* complementares nessa implementação são: o Power Pivot e o Power View, ambos adicionam capacidade para modelar dados, com relações claras entre tabelas, para efetuar cálculos através de linguagem de programação, a fim de precisão maior nos dados, e para visualizar painéis interativos com base nessas planilhas (Becker e Gould, 2019).

Além disso, o Power BI tem a capacidade em lidar com uma interface personalizada, na qual os usuários fornecem parâmetros baseados em suas necessidades pessoais ou de suas organizações, com a criação de dashboards que interligam todos os dados usados em um só lugar (Sousa *et al.*, 2021).

Para a devida compreensão da plataforma, é necessário entender como funciona a arquitetura básica do Power BI, a qual é dividida em 4 etapas, assim como detalha a imagem abaixo.

Figura 28 - Arquitetura do Power BI



Fonte: Sousa *et al.* (2021).

Mendi (2023) entende as etapas da seguinte maneira:

- **Integração de dados:** As organizações trabalham com dados extraídos de diferentes fontes que podem ser de diferentes servidores, sendo de variados tipos e formatos. Assim, esses dados precisam ser integrados em um formato padrão e, posteriormente, armazenados em um local chamado área de teste comum;
- **Processamento de dados:** Nesta etapa, os dados integrados ainda não estão preparados para visualização, pois precisam de processamento. Esses dados são pré-processados, com valores redundantes e valores ausentes sendo removidos do conjunto de dados;
- **Desenvolvimento de relatórios:** Depois de obter e limpar os dados, são criados relatórios, os quais são a visualização dos dados na forma de gráficos e tabelas. O Power BI oferece muitas visualizações personalizadas para criar os relatórios;
- **Criação de dashboards:** Por fim, são desenvolvidos os painéis visuais (dashboards), os quais mantêm os elementos individuais dos relatórios, com uma interação com a aparência, selecionando segmentações e filtros.

Com isso, é necessário entender os conceitos principais dos dashboards, os quais são os resultados finais dessa operação do Business Intelligence (BI).

2.4.3 Conceito de dashboard

O aumento do número de informações que as empresas necessitam analisar virou um grande atraso e entrave na rotina diária, que provocou a necessidade do surgimento de uma ferramenta capaz de reunir os dados essenciais à tomada de decisão por parte da gestão: o dashboard (Rasmussen *et al.*, 2009).

Devido a expansão da utilização desses painéis nas empresas como forma de visualização de dados, várias definições surgiram ao decorrer do tempo conforme as diversas perspectivas de autores diferentes. Por isso, é necessário entender os principais conceitos entendidos por eles.

Few (2006) considera o objetivo principal de dashboard como “exibir todas as informações necessárias em uma única tela, de forma clara e sem distrações, de uma maneira que possa ser assimilada rapidamente”. Porém, muitas vezes essa meta não é atingida pela quantidade de dados complexos envolvidos no processo.

Kerzner (2011) modifica os comentários de Few para criar um conceito de dashboard relacionado ao gerenciamento de projetos:

Um dashboard de gerenciamento de projetos é uma exibição visual de um pequeno número de métricas críticas ou indicadores-chave de desempenho, de modo que as partes interessadas e todas as pessoas interessadas possam ver as informações necessárias rapidamente para tomar uma decisão informada. Todas as informações devem estar claramente visíveis em uma tela de computador.

Firican (2017) afirma que os dashboards oferecem uma visão única dos dados e fornecem conclusões simples com rapidez. Sanz (2018) entende dashboard como “uma ferramenta flexível que visa ajudar a organização a atingir o sucesso organizacional e a ultrapassar problemas na representação da informação”.

Cardoso (2017), também, afirma que “um dashboard é uma ferramenta capaz de ser utilizada como um meio de gestão de desempenho visual e interativo que permite ao utilizador identificar, explorar e comunicar áreas problemáticas que exigem uma ação corretiva”.

Caldeira (2014) reiterou as afirmações acima, com a definição de um objetivo claro para o dashboards, que ele “não é mais do que um *report* que irá auxiliar os responsáveis de uma organização, de uma área, de uma unidade orgânica ou simplesmente de um projeto na tomada de decisões de gestão”.

Caldeira (2010) relata algumas vantagens na utilização de dashboards, como:

- Monitorizar a performance dos principais indicadores;
- Realizar a visualização inteligente da informação;
- Conquistar os destinatários para o processo de monitorização;
- Promover a transparência na comunicação dos resultados;
- Aumentar o público-alvo com acesso à performance interna;
- Simplificar o processo de monitorização;
- Reduzir o tempo de deteção de situações adversas;
- Eliminar o tempo despendido no tratamento da informação analisada;
- Acessível e de baixo custo.

Ainda, os autores Eckerson (2010), Alexander e Walkenbach (2013) apontam outras vantagens na utilização de dashboards como: fornecer informações que permitem alinhar as estratégias, aumentar a visibilidade do desempenho com a coleta de dados relevantes, projetar cenários futuros com base em atividades passadas e criar condições para dar mais autonomia aos usuários.

2.4.4 Tipos de dashboards

Cada dashboard é utilizado para um fim único e diferenciado dos demais. Com isso, Malik (2005) classifica os dashboards de acordo com o tipo de utilização:

- **área empresarial:** apresentam informações inerente a diversos departamentos e áreas de negócio e propiciam uma visão global da organização;
- **monitoramento de processos ou de atividades:** permitem monitorar processos de negócio específicos ou atividades generalizadas de negócio;
- **clientes:** expõem as métricas relevantes ao cliente de uma organização;
- **fornecedores:** permitem facilitar e monitorar a colaboração entre os fornecedores e as organizações usuárias de tais serviços;
- **departamentos diversos:** permitem monitorar métricas de interesse de cada departamento em específico.

Por outro lado, Kerzner (2011) entende essa divisão de outra maneira, como mostra o quadro e o texto a seguir:

Quadro 3 - Tipos de dashboards

	OPERACIONAL	TÁTICO	ESTRATÉGICO
OBJETIVO	Monitoramento de operações	Medição de avanço	Execução de estratégias
USUÁRIOS	Supervisores / Especialistas	Gerentes / Analistas	Executivos
ESCOPO	Operacional	Departamental	Empresarial
INFORMAÇÃO	Detalhada	Detalhada / Resumida	Detalhada / Resumida
ATUALIZAÇÃO	Diária	Diária / Semanal	Mensal / Trimestral
ÊNFASE	Monitorar	Analisar	Gerir

Fonte: Kerzner (2011), adaptado pelo autor.

Os dashboards operacionais monitoram os principais processos operacionais e são usados principalmente por operadores de serviços/processos e seus supervisores que lidam diretamente com os clientes ou gerenciam o produto final. Esses painéis contam com informações detalhadas que são levemente resumidas, com ênfase bem mais no monitoramento do que no gerenciamento e na análise.

Por outro lado, os dashboards táticos rastreiam processos e projetos departamentais que são de interesse para um segmento da organização ou um grupo limitado de pessoas. Gerentes e analistas de negócios usam essas ferramentas para comparar o desempenho de suas áreas ou de seus projetos com planos orçamentários, previsões ou resultados do último período.

Além disso, os dashboards estratégicos monitoram a execução dos objetivos estratégicos e são frequentemente implementados usando uma abordagem de Balanced Scorecard. O objetivo de um painel estratégico é alinhar a organização em torno de objetivos estratégicos e fazer com que todos os grupos marchem na mesma direção, com ênfase bem mais no gerenciamento do que no monitoramento e na análise.

2.4.5 Design do dashboard

As informações presentes em um dashboard precisam estar em harmonia, terem o devido destaque necessário para a compreensão e transmitir a informação principalmente sem distrair o usuário com muitas cores e formatos (Few, 2006).

Kerzner (2011) entende que os componentes de visualização dos dashboards se dividem em duas categorias: indicadores-chave de performance e métricas de apoio. No grupo dos KPIs existem cinco formas comuns de visualização, como:

1. **Ícones de alerta:** provavelmente são a maneira mais simples de visualização, os quais podem ser formas geométricas com cores ou com sombras de vários padrões com base no seu estado. Os ícones mais usados são círculos verdes, amarelos ou vermelhos, os quais representam condições mais favoráveis até menos propensas, respectivamente.
2. **Ícones de semáforos:** são uma simples extensão dos ícones de alerta, tendo uma simples vantagem em termos da visualização dos dados. Essa ferramenta apenas oferece uma dimensão de informações, porém requer 100% do espaço de tela, relatando situações boas, intermediárias e ruins.
3. **Ícones de tendência:** representam como um indicador de desempenho se comporta em um período de tempo pré-estabelecido. Podem ter entre uma e três atualizações: em direção ao objetivo, longe do objetivo e estático, setas ou números podem ser símbolos representativos desses dados.
4. **Barras de avanço:** representam mais de uma dimensão de informação sobre um KPI por meio de escala, cor e limite. Na etapa mais simples, elas podem representar uma visualização de progresso de acordo com um eixo dimensional. Com a adição de cores e níveis de alerta, podem representar o quão perto está de um limite específico.
5. **Velocímetros:** excelentes mecanismos para avaliar com rapidez valores positivos e negativos ao longo de uma escala relativa. Eles se prestam a dados dinâmicos que podem mudar ao longo do tempo em relação às variáveis. Também, é possível ver o quão perto ou longe você está de um limite específico.

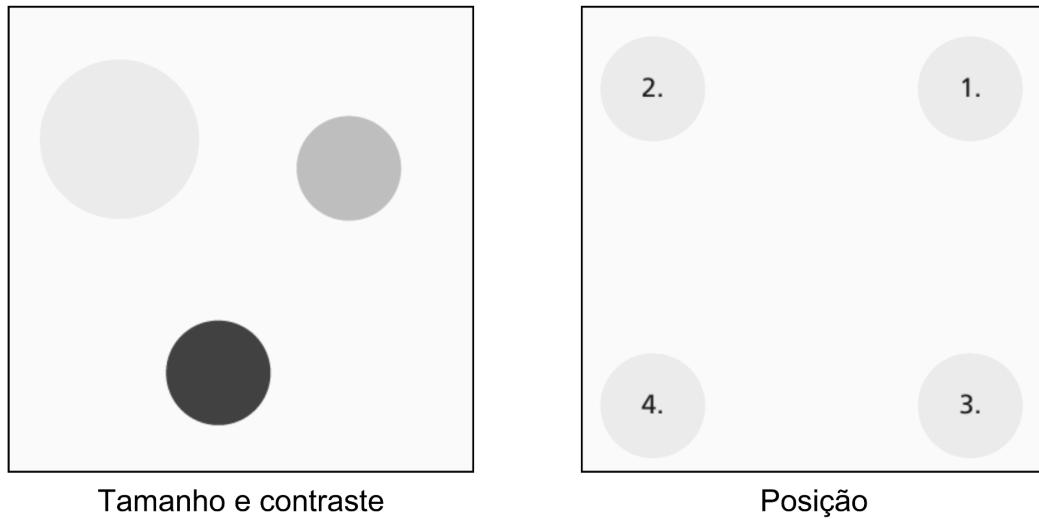
Métricas de apoio são visualizações de dados adicionais que podem auxiliar o usuário a diagnosticar a condição de uma KPI fornecida. A seguir serão descritos as formas mais recorrentes de abordagem visual para métricas de suporte:

1. **Gráficos de pizzas:** são geralmente considerados uma forma pobre de visualização de qualquer informação. O problema com essas métricas é a dificuldade de discernir diferenças proporcionais com os pedaços dessa pizza, principalmente com partes muito finas.
2. **Gráficos de barras:** são ideais para demonstrar a relação entre elementos com uma ou mais categorias. Esses gráficos permitem a comparação simples de valores pelo fato das barras compartilharem uma medida comum e podem ser facilmente comparadas de forma visual com outras barras.
3. **Gráficos de linhas:** são ideais para análise de séries temporais em que deseja-se ver o progresso de uma ou mais medidas ao longo do tempo. Os gráficos de linhas também permitem a análise comparativa de tendências porque você pode empilhar várias séries de dados em um gráfico.
4. **Gráficos de área:** podem ser considerados um subconjunto do gráfico de linhas, em que a área abaixo ou acima da linha é sombreada ou colorida.
5. **Tabelas e listas:** são mais bem usadas para informações que contêm grandes listas de dados não numéricos ou que têm relações de difíceis visualização.

Tendo esses elementos em mente, é necessário entender como organizar todos esses elementos em um único painel de dados. Para desenvolver um dashboard eficaz, é crucial a devida organização do tamanho, do contraste e da posição dos elementos para chamar a atenção do usuário final (Kerzner, 2011).

O tamanho do elemento infere, principalmente, em qual local o usuário concentra sua atenção nele. Por isso, ao definir o layout do painel, o elemento mais importante para o usuário deve ser o maior em relação aos outros. No que refere-se a contraste, é importante que sejam utilizadas diferentes cores ou níveis de saturação para distinguir um elemento visual de seu plano de fundo. A posição visual também precisa de atenção, tendo o lado superior direito de uma área angular retangular como o primeiro ponto focal do usuário, local de elementos importantes para o leitor (Kerzner, 2011).

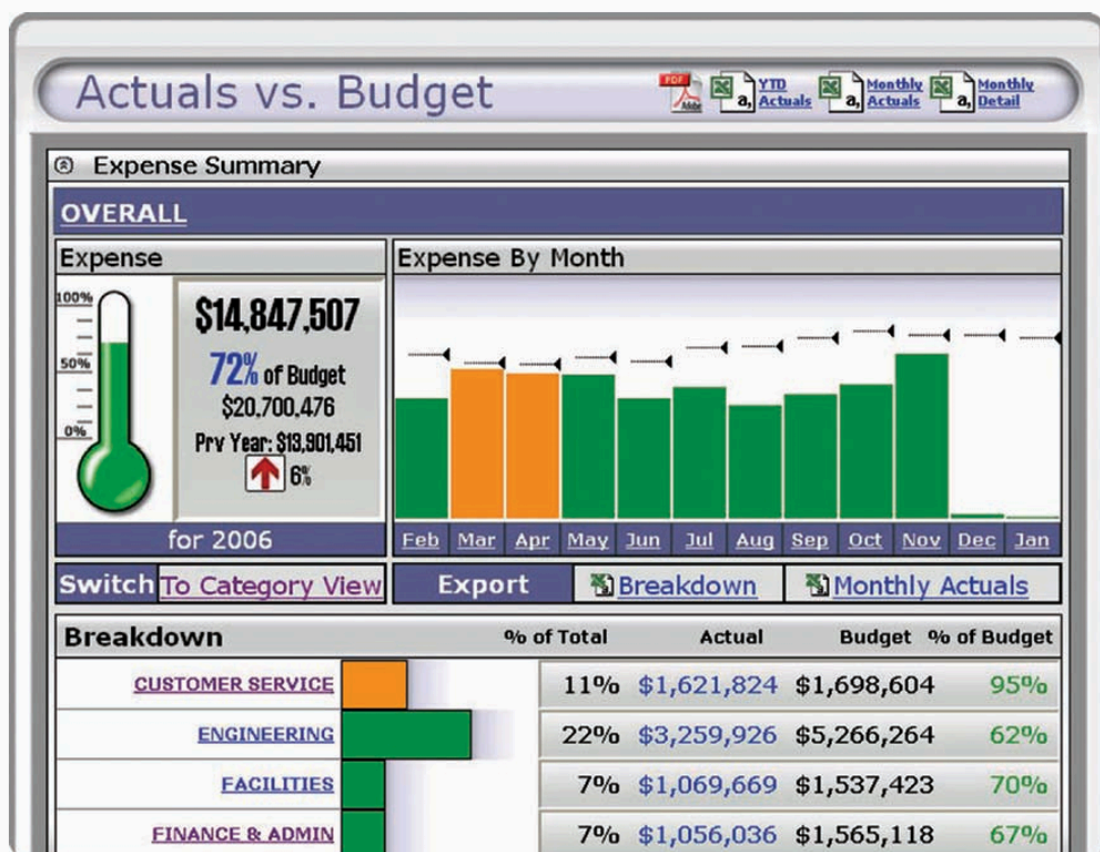
Figura 29 - Organização dos elementos no dashboard



Fonte: Kerzner (2011), adaptado pelo autor.

Com essas técnicas explicitadas, Kerzner (2011) ainda demonstra uma amostra de dashboard na área comercial, alinhando as métricas e gráficos com as recomendações de design, cores e posições dos elementos, a seguir:

Figura 30 - Exemplo de dashboard na área comercial



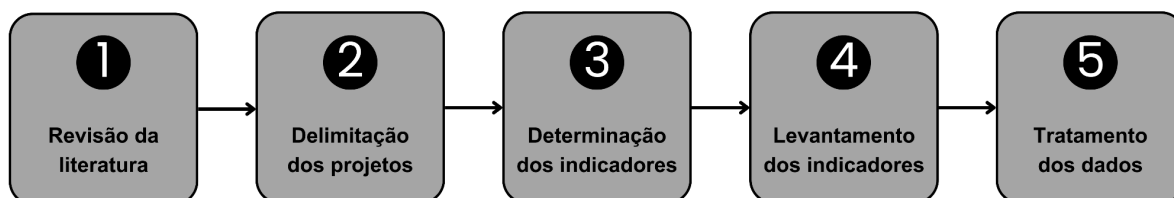
Fonte: Kerzner (2011).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A presente pesquisa é classificada como aplicada, a qual visa desenvolver soluções concretas para os projetistas estruturais no desenvolvimento de projetos de alvenaria estrutural. Além disso, esse estudo utiliza abordagens qualitativas, ao analisar conceitos teóricos de projetos, de indicadores, bem como de ferramentas de visualização de dados, e abordagens quantitativas, ao realizar o tratamento desses dados e gerar resultados numéricos (Zanella, 2009).

Nesse sentido, a metodologia deste trabalho divide-se de acordo com a imagem abaixo, em cinco etapas:

Figura 31 - Fluxograma da metodologia do trabalho



Fonte: Elaborado pelo autor.

Inicialmente, é necessário compreender o tema por completo com a revisão bibliográfica de estudos — artigos científicos, livros, dissertações, teses e outros —, os quais abordam métodos para coleta e análise de dados relacionados a indicadores de projeto, tendo como principal base metodológica o estudo de Freire (2007), o qual também aborda esses dados na área de alvenaria estrutural.

Em seguida, é crucial realizar a escolha dos projetos de acordo com os padrões definidos para o estudo. Foram escolhidos e analisados um total de 32 edifícios de alvenaria estrutural nos estados de São Paulo (SP) e de Rio de Janeiro (RJ), os quais são prédios altos de construtoras de reconhecimento nacional, com padrões de qualidade elevados.

De acordo com o CTBUH: Council on Tall Buildings and Urban Habitat (2024), não existe uma definição para edifício alto baseado no número de pavimentos ou na altura, principalmente, devido ao meio em que esse prédio está inserido. No entanto, Dornbusch e Gelb (1977), em seus estudos na cidade de São Francisco, consideram os edifícios residenciais como altos a partir de 10 pavimentos.

Com base nas referências acima, este trabalho define e atribui o termo “edifício alto” como uma edificação com estruturas a partir de 10 pavimentos tipo. Essa definição é atribuída em todos os trechos que a mencionam ao longo do estudo. Por isso, os indicadores de projeto estudados e gerados nesta monografia serão prédios residenciais com a quantidade de pavimentos entre 10 e 20, assim como mostra a tabela a seguir.

Tabela 6 - Quantitativo de prédios analisados

Pavimentos	Quantidade de prédios
10	5
11	3
12	0
13	4
14	8
15	3
16	0
17	3
18	1
19	1
20	4
Total	32

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os indicadores de projeto foram determinados para cada edifício baseado nos seguintes fatores: dados disponíveis nos projetos escolhidos, relevância para a tomada de decisões para o projetista, controle de custos do cliente final, com a diminuição de gastos desnecessários.

Após essa decisão, os indicadores estabelecidos foram divididos em quatro grupos: de blocos estruturais, de blocos canaletas, de graute e de aço no graute. No total, para esta pesquisa, foram pontuados 15 índices a serem trabalhados, sejam eles:

- **Índices de blocos estruturais:**

- **Índice de bloco estrutural 19 cm** (unid/m²): razão entre o número de blocos estruturais de 19 cm e a área do pavimento tipo;
- **Índice de bloco estrutural 34 cm** (unid/m²): razão entre o número de blocos estruturais de 34 cm e a área do pavimento tipo;
- **Índice de bloco estrutural 39 cm** (unid/m²): razão entre o número de blocos estruturais de 39 cm e a área do pavimento tipo;
- **Índice de bloco estrutural 54 cm** (unid/m²): razão entre o número de blocos estruturais de 54 cm e a área do pavimento tipo;
- **Índice de bloco estrutural** (unid/m²): razão entre o número total de blocos estruturais e a área do pavimento tipo.

- **Índices de blocos canaletas:**

- **Índice de bloco canaleta 19 cm** (unid/m²): razão entre o número de blocos canaletas de 19 cm e a área do pavimento tipo;
- **Índice de bloco canaleta 34 cm** (unid/m²): razão entre o número de blocos canaletas de 34 cm e a área do pavimento tipo;
- **Índice de bloco canaleta 39 cm** (unid/m²): razão entre o número de blocos canaletas de 39 cm e a área do pavimento tipo;
- **Índice de bloco canaleta** (unid/m²): razão entre o número total de blocos canaletas e a área do pavimento tipo.

- **Índices de graute:**

- **Índice de graute por comprimento linear da alvenaria** (m³/m): razão entre o volume de graute do pavimento tipo e a metragem linear de alvenaria estrutural do pavimento tipo;
- **Índice de graute por área de alvenaria estrutural** (m³/m²): razão entre o volume de graute do pavimento tipo e a área de alvenaria estrutural do pavimento tipo;
- **Índice de graute por área do pavimento tipo** (m³/m²): razão entre o volume de graute do pavimento tipo e a área do pavimento tipo;

- **Índices de aço no graute:**

- **Índice de aço no graute por volume de graute** (kg/m³): razão entre o peso de aço no graute e o volume de graute;
- **Índice de aço no graute por área de alvenaria estrutural** (kg/m²): razão entre o peso de aço no graute e a área de alvenaria estrutural do

pavimento tipo;

- **Índice de aço no graute por área do pavimento tipo** (kg/m²): razão entre o peso de aço no graute e a área do pavimento tipo;

Depois da escolha refinada dos índices utilizados, é necessário entender como ocorreu o processo de levantamentos dos indicadores numéricos nos prédios estabelecidos previamente.

Esse processo inicia com a análise dos projetos, onde é realizada a coleta de informações relevantes para a formação dos índices de estudo, como: área total do pavimento tipo (m²), área de alvenaria estrutural (m²), comprimento linear de alvenaria (m), peso de aço no graute (kg), quantidade de blocos estruturais (unid), quantidade de blocos canaletas (unid), bem como volume de graute (m³), e é feita uma planilha com esses dados, como mostra a tabela 7.

Tabela 7 - Levantamento de dados

Dados	Unid.	Prédio 01	Prédio 02	[...]	Prédio 27	Prédio 28	[...]
Quantidade de pavimentos	unid.	10	10	[...]	18	19	[...]
Área total do pavimento tipo	m ²	715,00	620,00	[...]	487,27	934,13	[...]
Área de alvenaria estrutural	m ²	972,95	972,95	[...]	704,54	1.167,63	[...]
Comprimento linear de alvenaria	m	3645,78	3645,78	[...]	3039,97	4323,34	[...]
Peso de aço no graute	kg	948,44	948,44	[...]	1415,12	2340,77	[...]
Quantidade de blocos estruturais	unid.	9961,11	9961,11	[...]	8198,00	11.596,65	[...]
Quantidade de blocos canaletas	unid.	399,89	399,89	[...]	1341,00	2153,94	[...]
Volume de graute	m ³	15,22	15,22	[...]	25,23	36,90	[...]

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com essas informações devidamente coletadas, elas são colocadas em planilhas para formação dos indicadores propriamente ditos, igual exemplifica a tabela abaixo:

Índice de bloco estrutural (unid/m²)		
Quantidade de blocos estruturais (unid)	Área total do pavimento tipo (m²)	Índice de bloco estrutural (unid/m²)
9961,11	715,00	13,932

Nessa lógica, foram desenvolvidos todos os indicadores das edificações de maneira matemática e estatística, estabelecendo valores máximos, mínimos, médios, bem como desvios padrões e coeficientes de variações dos dados coletados em planilhas do software Microsoft Excel.

Por fim, esses indicadores tabelados serão tratados e analisados de duas maneiras: por meio da análise estatística, com o uso de gráficos de dispersão, e por meio da análise visual, com a utilização de dashboards do software Power BI.

4 RESULTADOS ADQUIRIDOS

Foram desenvolvidas quatro tabelas dos indicadores coletados nos projetos de alvenaria estrutural, a primeira tabela aborda os dados de todos os edifícios, a segunda tabela mostra os dados de prédios entre 10 e 13 pavimentos, a terceira tabela evidencia os índices de edifícios de 14 a 16 pavimentos e a quarta tabela aborda as informações encontradas em projetos de edificações entre 17 e 20 pavimentos, as quais podem ser vistas a seguir nas tabelas 9, 10, 11 e 12.

Essa divisão dos edifícios em três grupos, de acordo com seu número de pavimentos, é feita com o objetivo de gerar informações confiáveis e específicas para os projetistas, com uma análise minuciosa e clara, principalmente, de uma possível existência de variâncias consideráveis entre os índices gerados.

Com isso, as tabelas desenvolvidas apresentam as seguintes informações como tópicos principais, a saber:

- Grupo de indicador inserido (bloco, graute ou aço);
- Nome do índice propriamente dito;
- Unidade numérica do indicador;
- Média aritmética do indicador, o resultado esperado deste estudo;
- Valor máximo encontrado do indicador;
- Valor mínimo encontrado do indicador;
- Variância de cada índice, a qual representa a distância que um valor médio apresenta dos demais valores da amostra;
- Desvio padrão de cada indicador, o qual representa uma medida que expressa o grau de dispersão da amostra em questão.

Com a obtenção dessas informações, pode-se entender o comportamento dos indicadores, com a realização de uma análise detalhada comparativa entre eles, com o propósito de comprovar sua confiabilidade e sua variabilidade.

Tabela 9 - Indicadores de alvenaria estrutural de prédios entre 10 e 20 pavimentos

Grupo	Indicador	Unidade	Média	Máximo	Mínimo	Variância	Desvio Padrão
ÍNDICES DE BLOCOS ESTRUTURAIS	Índice de bloco estrutural 19 cm	unid/m ²	1,198	1,585	0,947	0,016	0,128
	Índice de bloco estrutural 34 cm	unid/m ²	4,315	6,022	1,284	0,908	0,953
	Índice de bloco estrutural 39 cm	unid/m ²	10,340	13,165	4,274	3,741	1,934
	Índice de bloco estrutural 54 cm	unid/m ²	0,607	0,792	0,335	0,005	0,072
	Índice de bloco estrutural	unid/m ²	16,461	19,904	7,776	6,146	2,479
ÍNDICES DE BLOCOS CANALETAS	Índice de bloco canaleta 19 cm	unid/m ²	0,135	0,432	0,031	0,007	0,086
	Índice de bloco canaleta 34 cm	unid/m ²	0,499	1,510	0,105	0,078	0,280
	Índice de bloco canaleta 39 cm	unid/m ²	1,543	3,465	0,362	0,445	0,667
	Índice de bloco canaleta	unid/m ²	2,075	4,220	0,502	0,746	0,863
ÍNDICES DE GRAUTE	Índice de graute por comprimento linear da alvenaria	m ³ /m	0,006	0,015	0,004	0,000	0,002
	Índice de graute por área de alvenaria estrutural	m ³ /m ²	0,025	0,043	0,000	0,000	0,007
	Índice de graute por área do pavimento tipo	m ³ /m ²	0,037	0,069	0,021	0,000	0,010
ÍNDICES DE AÇO NO GRAUTE	Índice de aço no graute por volume de graute	kg/m ³	68,466	156,210	43,047	350,449	18,720
	Índice de aço no graute por área de alvenaria estrutural	kg/m ²	1,488	3,163	0,019	0,230	0,480
	Índice de aço no graute por área do pavimento tipo	kg/m ²	2,578	7,434	1,153	1,265	1,125

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 10 - Indicadores de alvenaria estrutural de prédios entre 10 e 13 pavimentos

Grupo	Indicador	Unidade	Média	Máximo	Mínimo	Variância	Desvio Padrão
ÍNDICES DE BLOCOS ESTRUTURAIS	Índice de bloco estrutural 19 cm	unid/m ²	1,156	1,355	0,952	0,014	0,119
	Índice de bloco estrutural 34 cm	unid/m ²	4,276	6,022	3,454	0,533	0,730
	Índice de bloco estrutural 39 cm	unid/m ²	9,269	12,966	7,586	2,509	1,584
	Índice de bloco estrutural 54 cm	unid/m ²	0,604	0,695	0,528	0,003	0,058
	Índice de bloco estrutural	unid/m ²	15,304	19,904	12,738	4,849	2,202
ÍNDICES DE BLOCOS CANALETAS	Índice de bloco canaleta 19 cm	unid/m ²	0,075	0,194	0,031	0,002	0,048
	Índice de bloco canaleta 34 cm	unid/m ²	0,306	0,824	0,105	0,038	0,194
	Índice de bloco canaleta 39 cm	unid/m ²	0,901	1,945	0,362	0,292	0,540
	Índice de bloco canaleta	unid/m ²	1,282	2,743	0,502	0,590	0,768
ÍNDICES DE GRAUTE	Índice de graute por comprimento linear da alvenaria	m ³ /m	0,005	0,009	0,004	0,000	0,001
	Índice de graute por área de alvenaria estrutural	m ³ /m ²	0,020	0,036	0,015	0,000	0,004
	Índice de graute por área do pavimento tipo	m ³ /m ²	0,027	0,063	0,021	0,000	0,007
ÍNDICES DE AÇO NO GRAUTE	Índice de aço no graute por volume de graute	kg/m ³	62,428	108,605	46,118	56,683	7,529
	Índice de aço no graute por área de alvenaria estrutural	kg/m ²	1,219	2,599	0,860	0,084	0,289
	Índice de aço no graute por área do pavimento tipo	kg/m ²	1,703	4,800	1,153	0,366	0,605

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 11 - Indicadores de alvenaria estrutural de prédios entre 14 e 16 pavimentos

Grupo	Indicador	Unidade	Média	Máximo	Mínimo	Variância	Desvio Padrão
ÍNDICES DE BLOCOS ESTRUTURAIS	Índice de bloco estrutural 19 cm	unid/m ²	1,219	1,585	1,028	0,018	0,136
	Índice de bloco estrutural 34 cm	unid/m ²	4,866	6,022	1,582	0,297	0,545
	Índice de bloco estrutural 39 cm	unid/m ²	10,746	13,165	4,274	4,441	2,107
	Índice de bloco estrutural 54 cm	unid/m ²	0,582	0,650	0,335	0,005	0,069
	Índice de bloco estrutural	unid/m ²	17,413	19,904	7,776	5,597	2,366
ÍNDICES DE BLOCOS CANALETAS	Índice de bloco canaleta 19 cm	unid/m ²	0,147	0,432	0,040	0,009	0,096
	Índice de bloco canaleta 34 cm	unid/m ²	0,694	1,510	0,217	0,053	0,231
	Índice de bloco canaleta 39 cm	unid/m ²	1,816	3,465	0,485	0,229	0,478
	Índice de bloco canaleta	unid/m ²	2,468	4,220	0,746	0,386	0,621
ÍNDICES DE GRAUTE	Índice de graute por comprimento linear da alvenaria	m ³ /m	0,006	0,015	0,004	0,000	0,001
	Índice de graute por área de alvenaria estrutural	m ³ /m ²	0,026	0,040	0,000	0,000	0,004
	Índice de graute por área do pavimento tipo	m ³ /m ²	0,037	0,063	0,032	0,000	0,006
ÍNDICES DE AÇO NO GRAUTE	Índice de aço no graute por volume de graute	kg/m ³	69,712	128,300	43,047	333,876	18,272
	Índice de aço no graute por área de alvenaria estrutural	kg/m ²	1,519	3,079	0,019	0,118	0,343
	Índice de aço no graute por área do pavimento tipo	kg/m ²	2,576	4,800	1,489	0,773	0,879

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 12 - Indicadores de alvenaria estrutural de prédios entre 17 e 20 pavimentos

Grupo	Indicador	Unidade	Média	Máximo	Mínimo	Variância	Desvio Padrão
ÍNDICES DE BLOCOS ESTRUTURAIS	Índice de bloco estrutural 19 cm	unid/m ²	1,228	1,447	0,947	0,012	0,111
	Índice de bloco estrutural 34 cm	unid/m ²	3,378	5,186	1,284	1,184	1,088
	Índice de bloco estrutural 39 cm	unid/m ²	11,288	13,086	8,046	1,467	1,211
	Índice de bloco estrutural 54 cm	unid/m ²	0,658	0,792	0,423	0,005	0,073
	Índice de bloco estrutural	unid/m ²	16,551	19,582	10,977	5,553	2,357
ÍNDICES DE BLOCOS CANALETAS	Índice de bloco canaleta 19 cm	unid/m ²	0,208	0,286	0,128	0,001	0,031
	Índice de bloco canaleta 34 cm	unid/m ²	0,577	1,066	0,197	0,054	0,232
	Índice de bloco canaleta 39 cm	unid/m ²	2,056	2,376	1,583	0,033	0,181
	Índice de bloco canaleta	unid/m ²	2,606	3,728	2,007	0,094	0,307
ÍNDICES DE GRAUTE	Índice de graute por comprimento linear da alvenaria	m ³ /m	0,008	0,010	0,006	0,000	0,001
	Índice de graute por área de alvenaria estrutural	m ³ /m ²	0,033	0,043	0,023	0,000	0,005
	Índice de graute por área do pavimento tipo	m ³ /m ²	0,045	0,069	0,029	0,000	0,007
ÍNDICES DE AÇO NO GRAUTE	Índice de aço no graute por volume de graute	kg/m ³	72,163	156,210	44,836	556,722	23,595
	Índice de aço no graute por área de alvenaria estrutural	kg/m ²	1,881	3,163	1,126	0,294	0,542
	Índice de aço no graute por área do pavimento tipo	kg/m ²	3,272	7,434	1,496	1,318	1,148

Fonte: Elaborado pelo autor.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

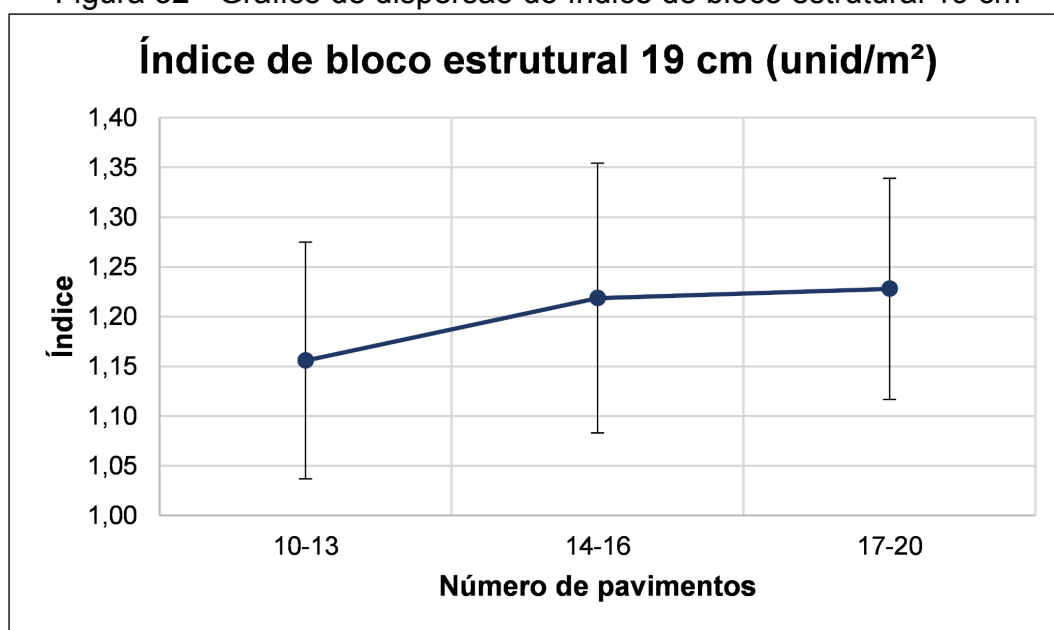
5.1 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS INDICADORES

Os resultados expostos nas tabelas 9, 10, 11 e 12 mostram os indicadores de projeto em suas métricas finais, os quais necessitam ser compreendidos de maneira completa para terem a devida utilidade que foram propostos. Para análise completa de todos os parâmetros, é necessário escolher um método que possa evidenciar claramente as disparidades e as semelhanças entre eles.

Com isso, as tendências estatísticas adentram neste trabalho com o papel de apresentar padrões claros e visuais para o entendimento dos indicadores gerados. Para tanto, foram desenvolvidos gráficos de dispersão com barras de erros padrão, os quais mostram os valores médios de cada indicador e os desvios padrão que cada valor pode exercer. Esses gráficos analisam os índices em três grupos de pavimentos (10-13, 14-16 e 17-20), com uma verificação específica de cada tipo.

Inicialmente, os índices de blocos estruturais de 19 cm possuem valores bem próximos em todos os prédios analisados, entre 1,15 e 1,20 unid/m^2 , com desvios padrões parecidos. Isso demonstra que a utilidade desses blocos é constante nesses edifícios, assim como aborda a figura 32.

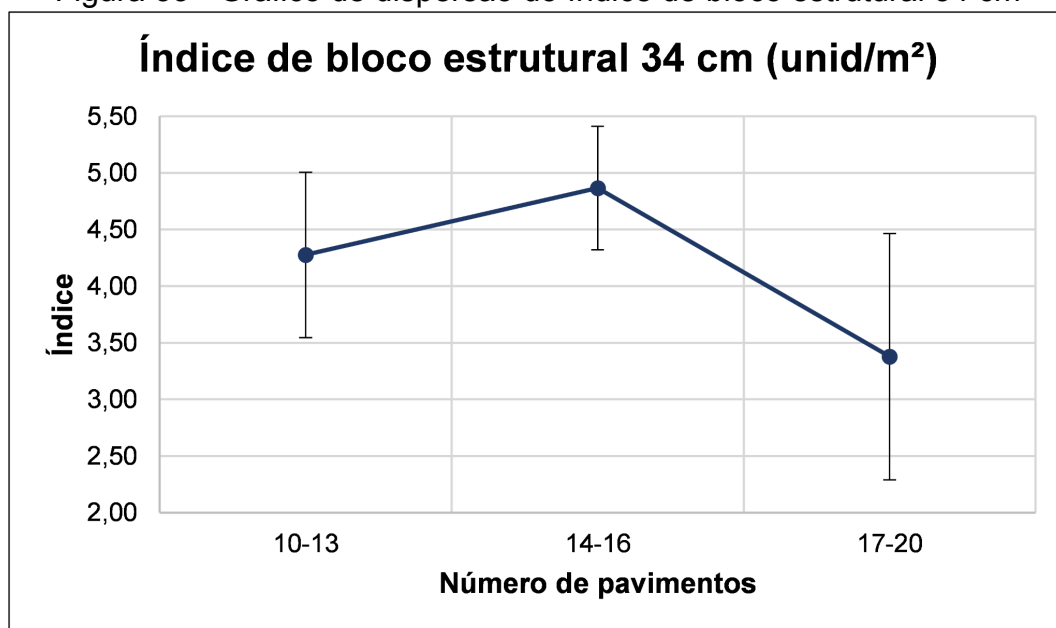
Figura 32 - Gráfico de dispersão do índice de bloco estrutural 19 cm



Fonte: Elaborado pelo autor.

Em contrapartida, os índices de bloco estrutural de 34 cm variam muito entre si, principalmente, pelo fato de serem blocos especiais, utilizados em situações específicas. Os seus valores médios estão entre 3,30 e 5,00 unid/m^2 , com maior disparidade nos prédios entre 17 e 20 pavimentos, igual mostra a figura 33.

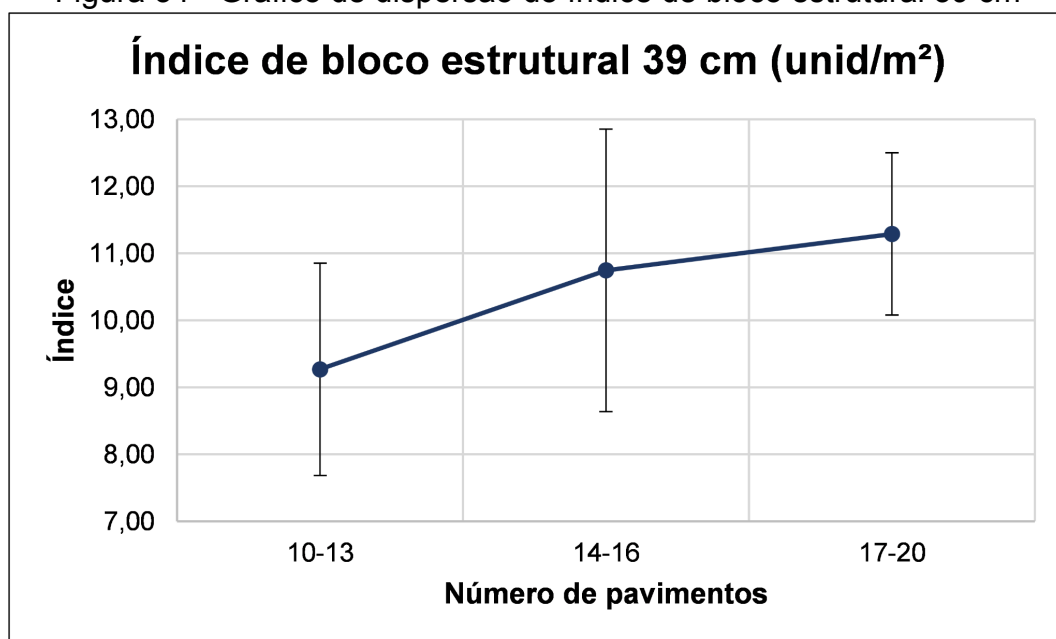
Figura 33 - Gráfico de dispersão do índice de bloco estrutural 34 cm



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os valores médios dos índices de bloco estrutural de 39 cm variam de acordo com a quantidade de pavimentos do edifício, quanto maior esse número, maior será esse indicador, com valores entre 9,20 e 11,30 unid/m^2 , podendo ter desvios padrões até 13,00 unid/m^2 , assim como mostra a figura 34.

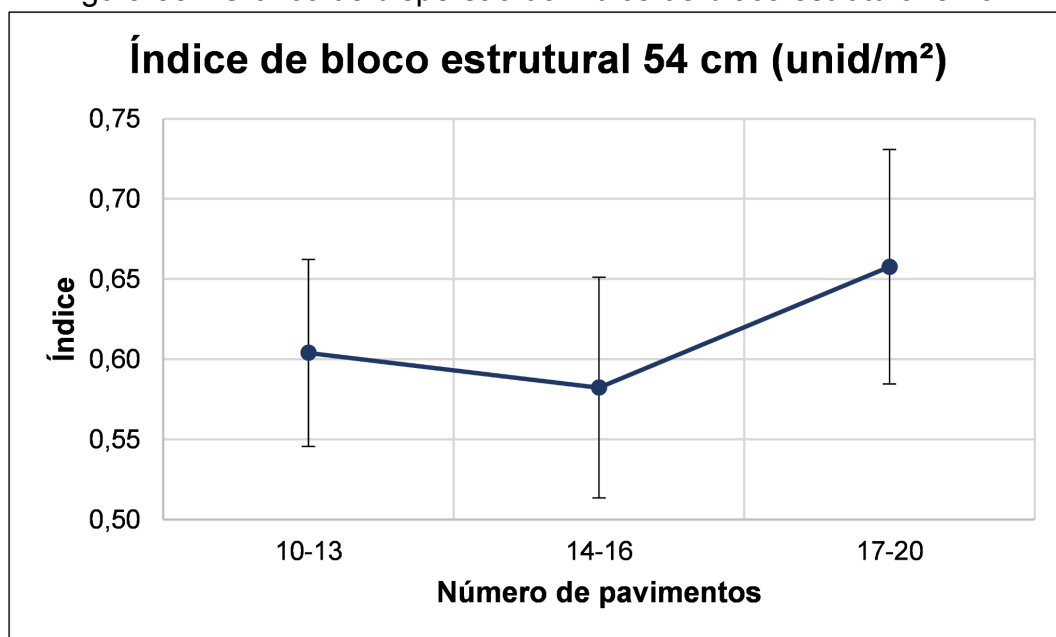
Figura 34 - Gráfico de dispersão do índice de bloco estrutural 39 cm



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os índices de bloco estrutural de 54 cm são muito similares, devido esse bloco ser feito para ligação e amarração de paredes, com quantidades padrões. Esses valores variam entre 0,58 e 0,66 unid/m², com dispersões padronizadas, assim como a figura 35 mostra.

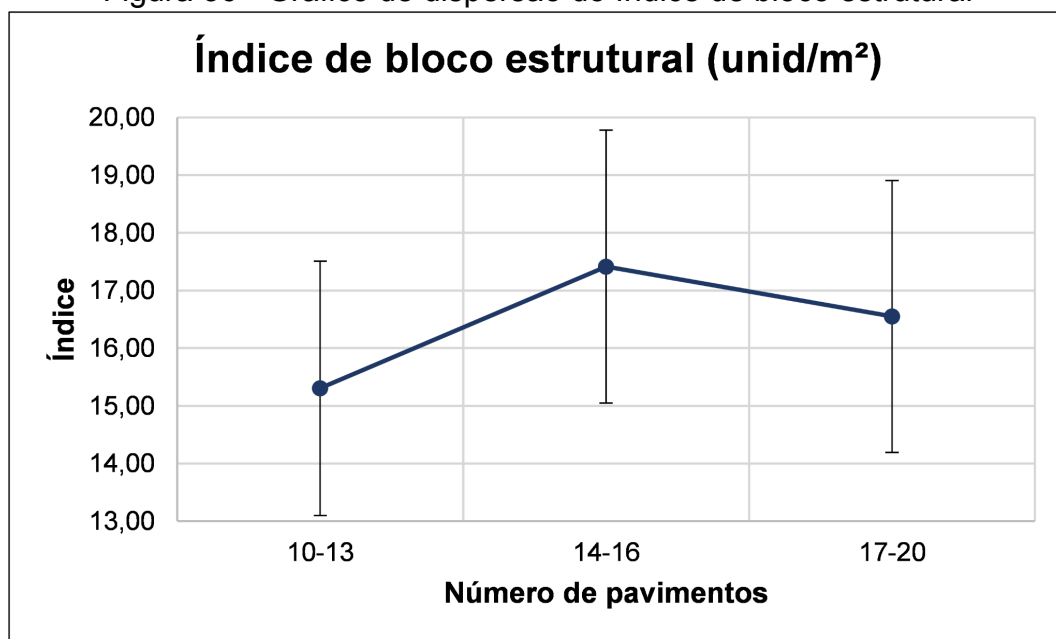
Figura 35 - Gráfico de dispersão do índice de bloco estrutural 54 cm



Fonte: Elaborado pelo autor.

No que se refere aos índices de todos os blocos estruturais (figura 36), independente de suas dimensões, os valores médios variam entre 15,00 e 18,00 unid/m^2 , com variações consideráveis, principalmente devido aos padrões de diferentes construtoras, visto que foram analisados prédios de oito empresas.

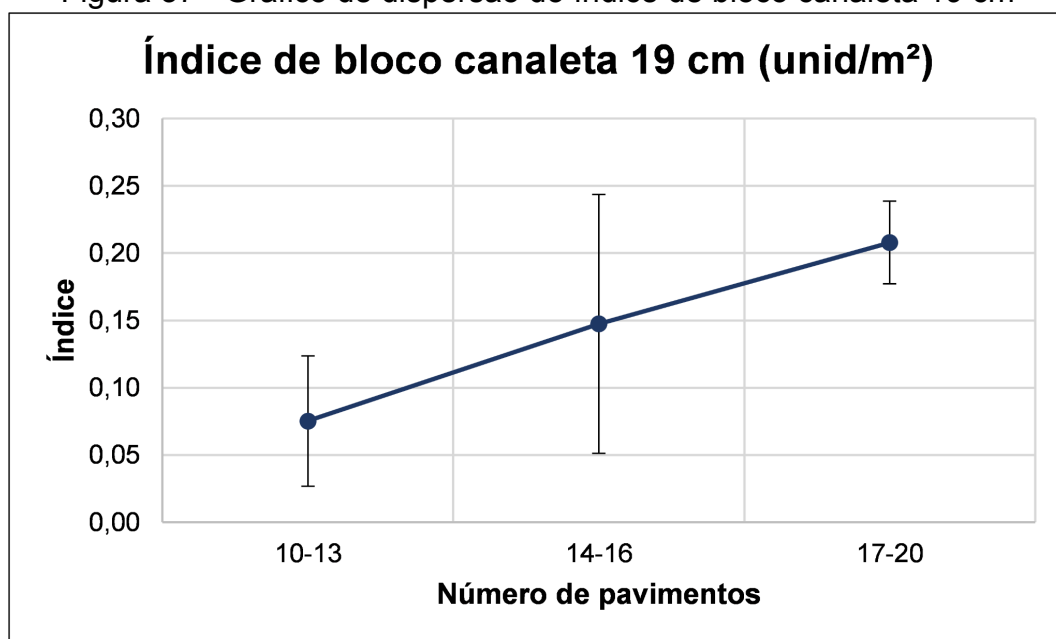
Figura 36 - Gráfico de dispersão do índice de bloco estrutural



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os índices de bloco canaleta de 19 cm têm valores médios entre 0,07 e 0,21 unid/m^2 , com variâncias diferenciadas ao analisar cada grupo de pavimentos. Os prédios entre 14 e 16 pavimentos tem um desvio padrão três vezes maior que os de prédios de 17 a 20 pavimentos, isso decorre principalmente pela maior variedade de edificações na primeira tipificação do que na segunda, como mostra a figura 37.

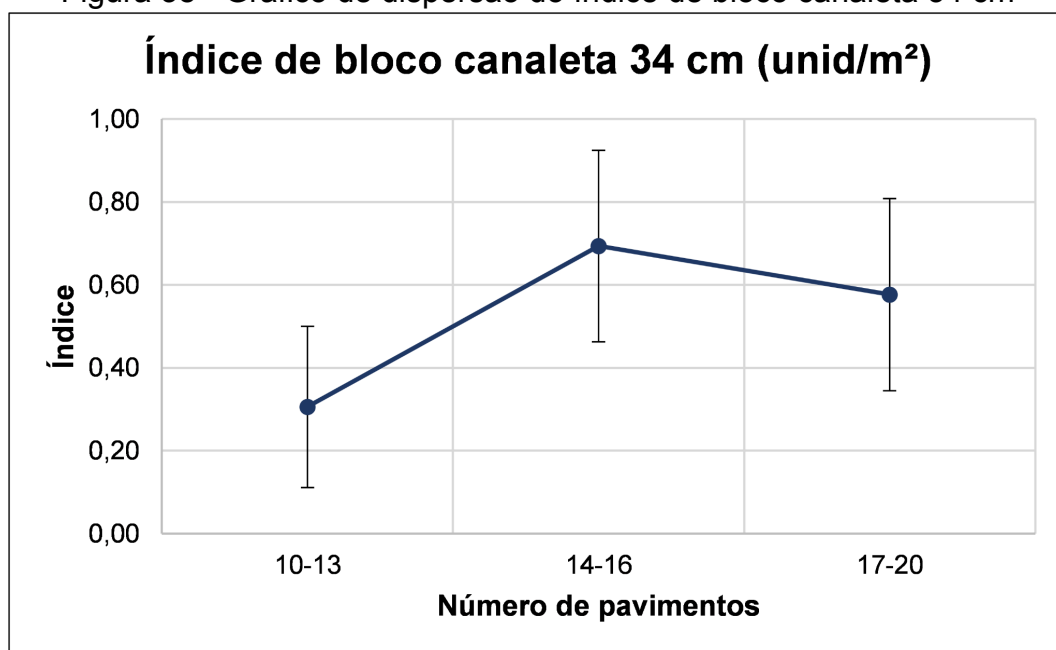
Figura 37 - Gráfico de dispersão do índice de bloco canaleta 19 cm



Fonte: Elaborado pelo autor.

Por outro lado, os índices de bloco canaleta de 34 cm têm desvios padrões regulares entre si, com valores entre 0,30 e 0,70 unid/m². Esses números são maiores em prédios entre 14 e 16 pavimentos, principalmente, pelos índices de blocos estruturais de 34 cm serem os mais altos nessa tipologia, assim como a figura 38 demonstra.

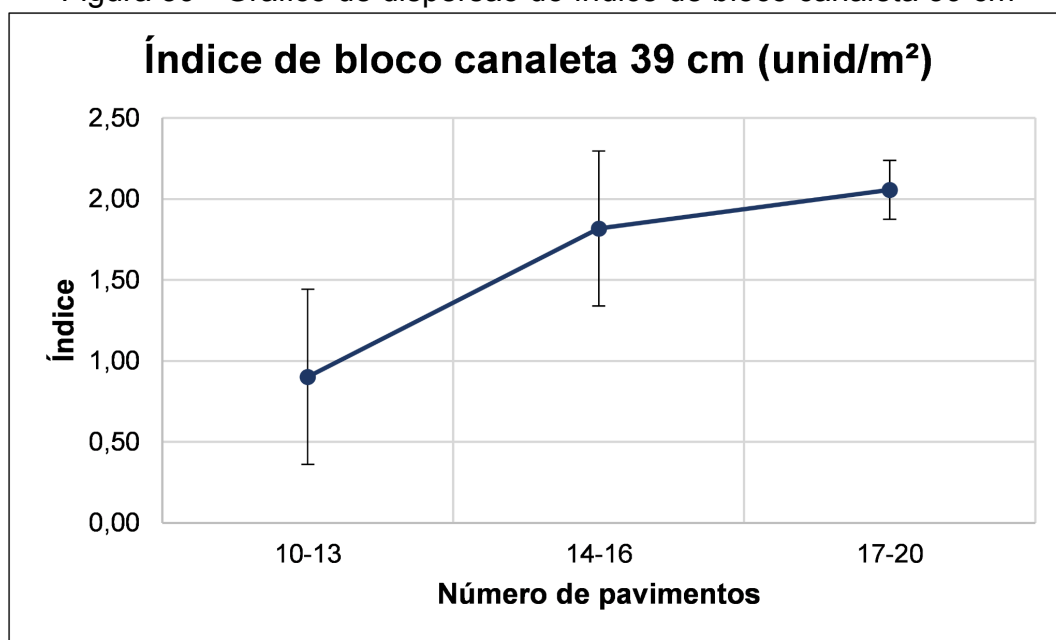
Figura 38 - Gráfico de dispersão do índice de bloco canaleta 34 cm



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os índices de blocos canaleta de 39 cm também acompanha o padrão dos índices de blocos estruturais de 39 cm com uma crescente numérica conforme o número de pavimentos aumenta. Seus valores variam entre 0,90 e 2,10 unid/m², sendo os indicadores entre 10 e 13 pavimentos relativamente bem baixo que os outros prédios. No que se refere a dispersão, os indicadores entre 17 e 20 pavimentos tem um desvio padrão baixo devido ao menor número de edifícios nesse espaço amostral em relação aos outros, assim como a figura 39 aborda.

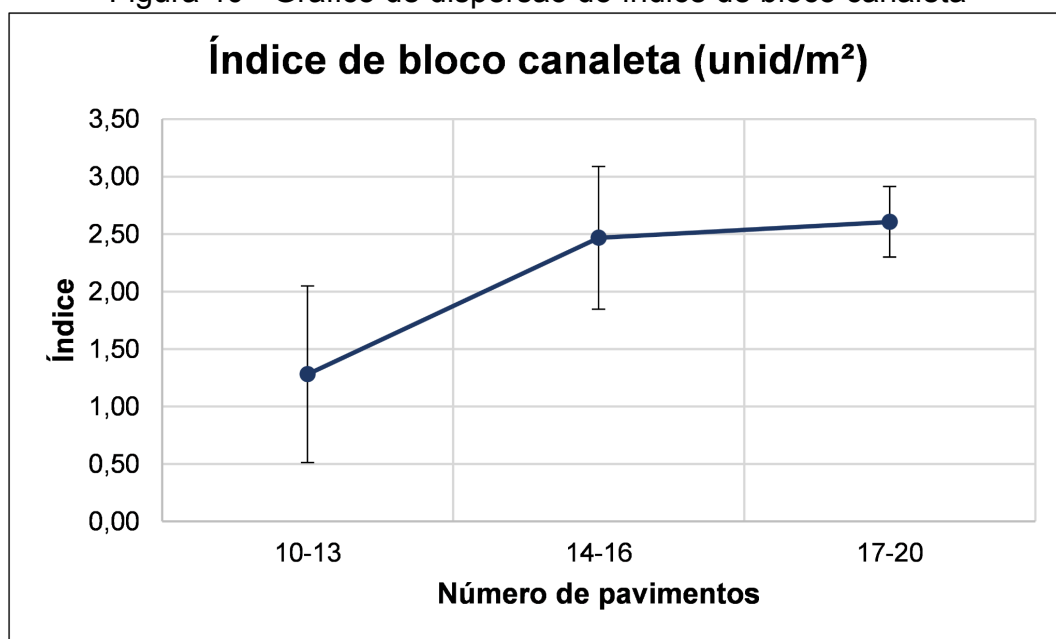
Figura 39 - Gráfico de dispersão do índice de bloco canaleta 39 cm



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os padrões dos índices de bloco canaleta de todas as dimensões são bem parecidos com os indicadores de canaleta de 39 cm, principalmente por serem a grande maioria dos blocos canaletas. Em prédios entre 10 e 13 pavimentos seu valor médio é cerca de 1,30 unid/m², porém nos outros edifícios seu valor aumenta consideravelmente para cerca de 2,50 unid/m², com dispersão menor em prédios entre 17 e 20 pavimentos, assim como a imagem 40 demonstra.

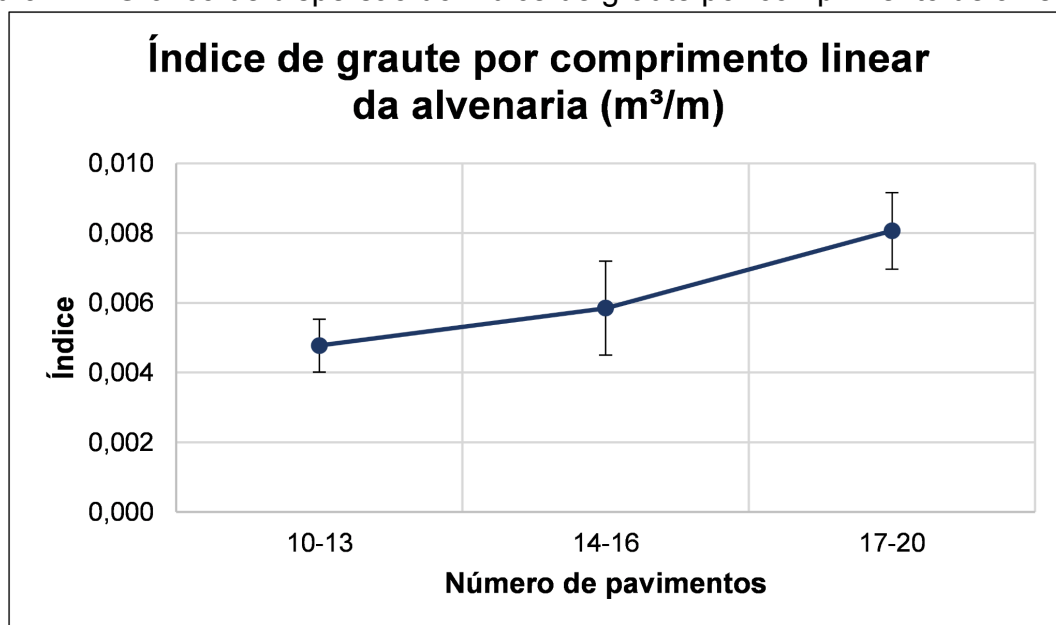
Figura 40 - Gráfico de dispersão do índice de bloco canaleta



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os índices médios de graute por comprimento linear da alvenaria apresentam valores bem parecidos em todos os edifícios entre 0,005 e 0,008 m³/m, com dispersões consideravelmente pequenas, principalmente em edifícios de 10 a 13 pavimentos, como a imagem 41 evidencia.

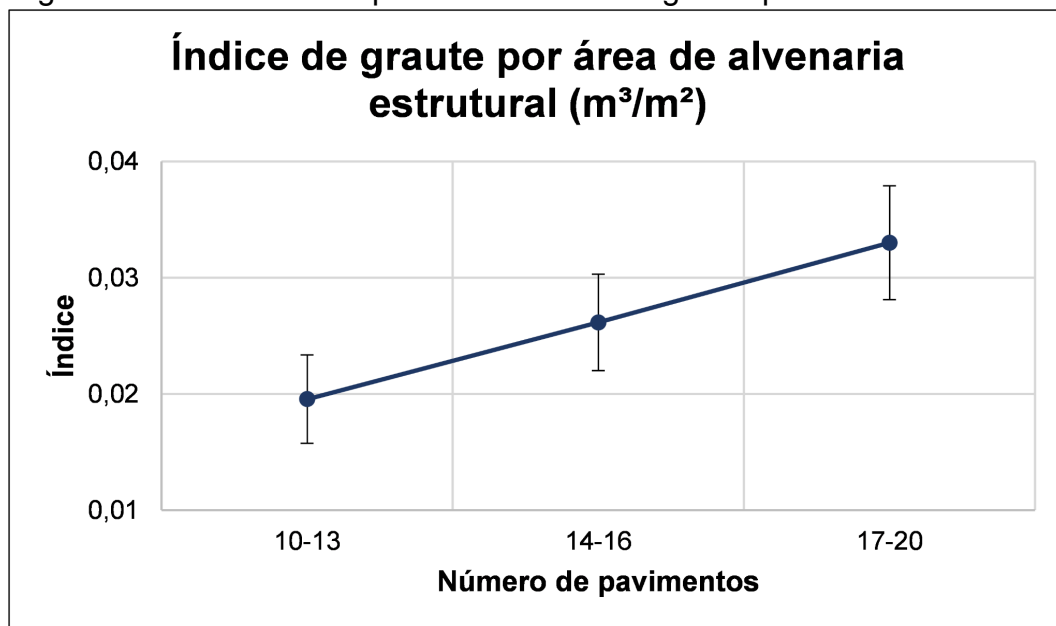
Figura 41 - Gráfico de dispersão do índice de graute por comprimento de alvenaria



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os índices de graute por área de alvenaria estrutural apresentam valores médios crescentes conforme a quantidade de pavimentos. Os valores estão entre 0,020 e 0,033 m³/m², com desvios padrão constantes, assim como a figura 42 aborda.

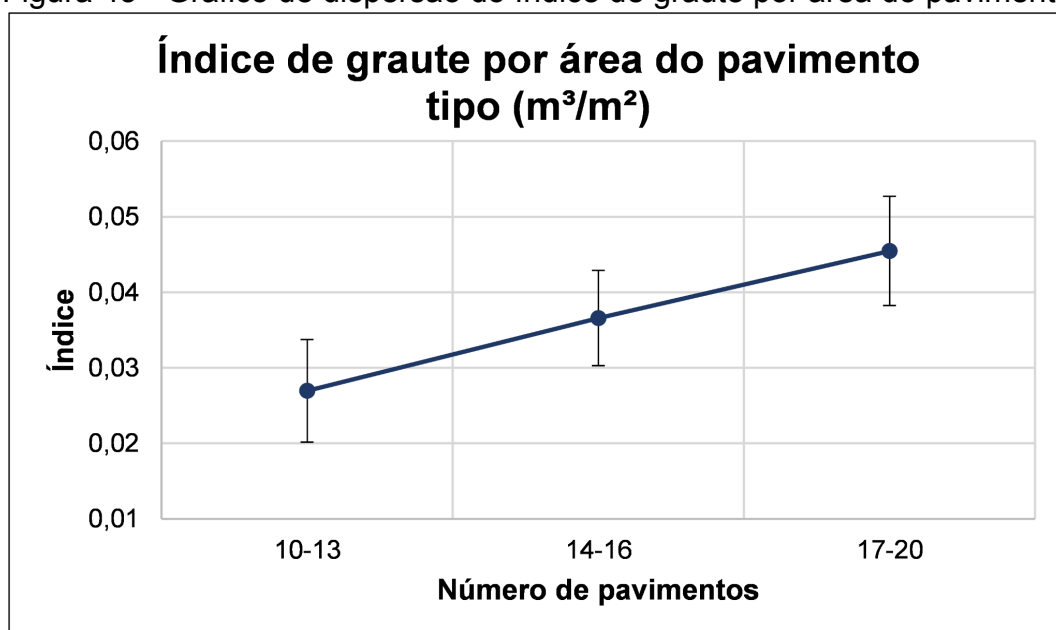
Figura 42 - Gráfico de dispersão do índice de graute por área de alvenaria



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os índices de graute por área do pavimento tipo, também, apresentam valores médios crescentes conforme a quantidade de pavimentos. Os valores estão entre 0,027 e 0,045 m³/m², com desvios padrão constantes, assim como a figura 43 mostra.

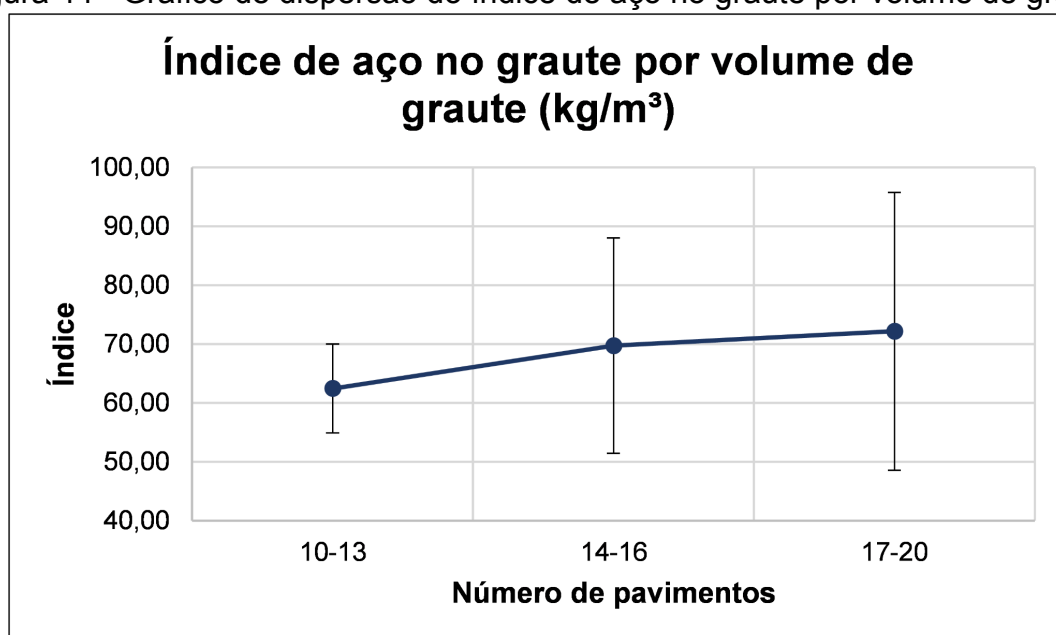
Figura 43 - Gráfico de dispersão do índice de graute por área do pavimento



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os indicadores de armadura no graute por volume de graute têm valores médios entre 62 e 72 kg/m^3 , podendo chegar até valores próximos a 100 kg/m^3 em seus desvios padrão. Esse índice é o que possui variância entre todos, principalmente, nos edifícios mais altos por demandarem maior reforço estrutural para resistir a cargas, com uma maior taxa de aço na edificação, assim como a figura 44 evidencia.

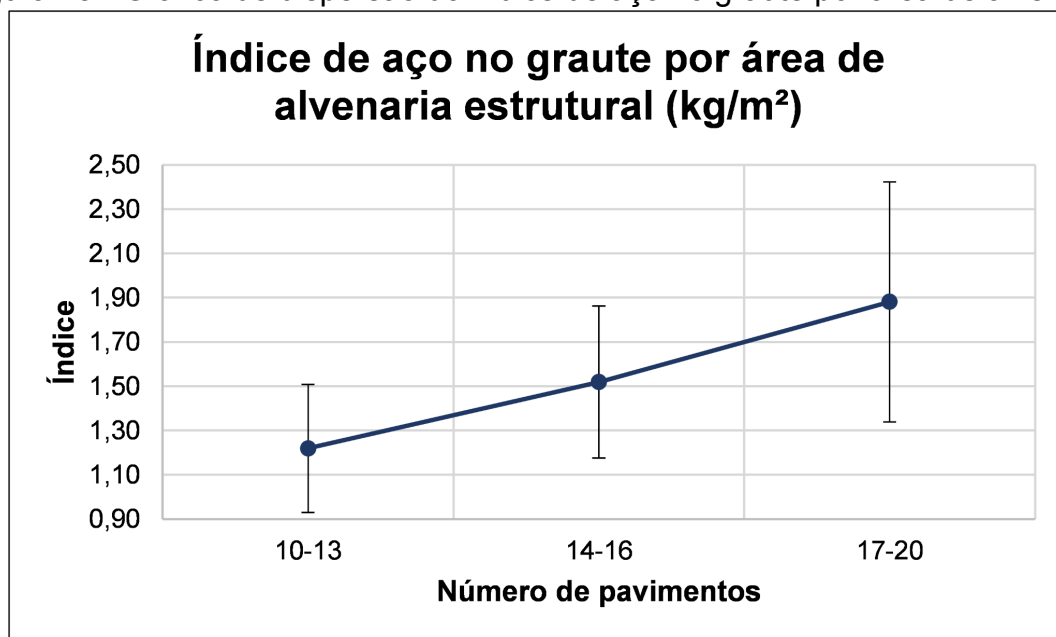
Figura 44 - Gráfico de dispersão do índice de aço no graute por volume de graute



Fonte: Elaborado pelo autor.

A figura 45 aborda o gráfico de dispersão do índice de aço no graute por área de alvenaria, que mostra valores entre 1,20 e 1,90 kg/m². Esses valores aumentam conforme o número de pavimentos aumenta, com dispersões maiores nos prédios entre 17 e 20 pavimentos e podem chegar a cerca de 2,40 kg/m².

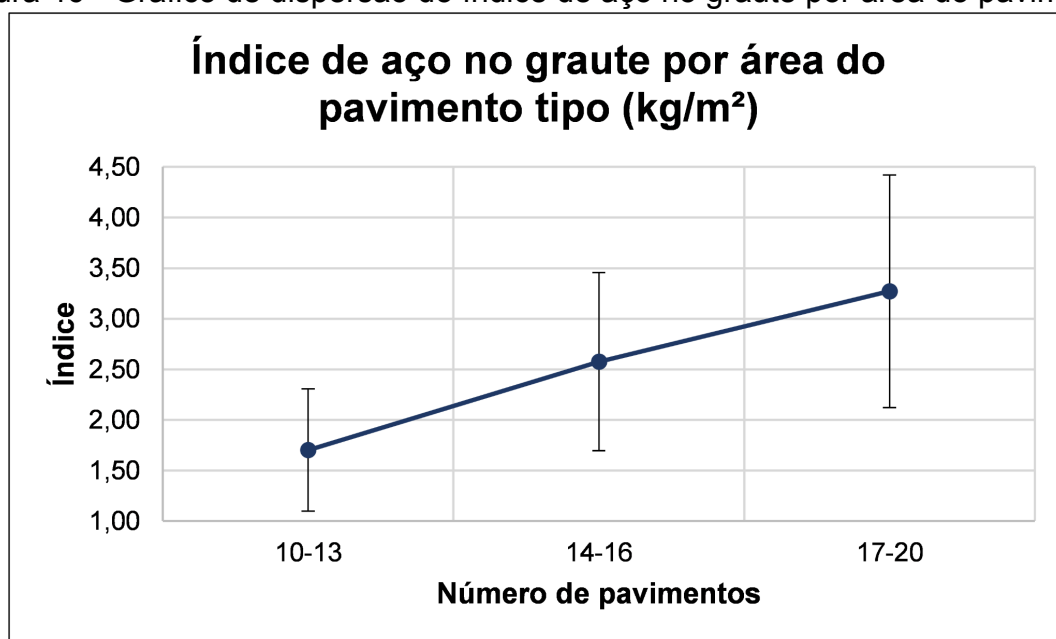
Figura 45 - Gráfico de dispersão do índice de aço no graute por área de alvenaria



Fonte: Elaborado pelo autor.

Por fim, os índices de aço no graute por área do pavimento tipo têm valores médios entre 1,50 e 3,50 kg/m², com dispersões consideráveis principalmente em edifícios entre 17 e 20 pavimentos, devido a variada distribuição de graute nas paredes estruturais, motivo que leva a quantidade de aço ser variada, assim como aborda a figura 46.

Figura 46 - Gráfico de dispersão do índice de aço no graute por área do pavimento



Fonte: Elaborado pelo autor.

5.2 ABORDAGEM VISUAL DOS DADOS

Além da análise estatística, os dados necessitam ser tratados e preparados para uma melhor forma de visualização, a fim de serem informações visuais e intuitivas para a tomada de decisões importantes no âmbito de projetos.

Para tanto, os dashboards surgem como a melhor maneira de sumarizar esses dados numéricos de maneira visual e prática por meio do software Microsoft Power BI, o qual auxiliará o desenvolvimento desses painéis.

Esses dashboards serão definidos em 5 abas, as quais envolvem as referidas vertentes de indicadores:

- Aba 1: Página Inicial - Escolha do tipo de indicador;
- Aba 2: Índices de blocos estruturais;
- Aba 3: Índices de blocos canaletas;
- Aba 4: Índices de graute;
- Aba 5: Índices de aço no graute.

Inicialmente, as planilhas do Excel são adicionadas na base de dados do Power BI, onde são tratados no editor do Power Query, com a remoção de colunas vazias da planilha ou valores duplicados.

Após esse tratamento e adequação dos dados, é iniciado o processo de criação dos dashboards com a escolha do tipo de gráfico utilizado. Neste estudo, majoritariamente, o velocímetro foi utilizado como fator de análise devido seu potencial gráfico de evidenciar os valores mínimos, máximos e, principalmente, médios de cada indicador descrito.

Além disso, são utilizados gráficos de barras para escolher e evidenciar os prédios escolhidos e a quantidade de pavimentos em cada um. Também foram utilizadas caixas de seleção suspensa para escolher e selecionar fatores relevantes para a obtenção dos indicadores como: escolha do(s) prédio(s), da(s) construtora(s), do(s) estado(s) da obra, da quantidade de pavimentos, do fbk, bem como da altura da laje. Assim, a imagem 47 mostra todos os gráficos utilizados nos dashboards.

Figura 47 - Gráficos utilizados nos dashboards



Fonte: Elaborado pelo autor.

Esses gráficos foram dispostos de maneira intuitiva no dashboard para maior compreensão e utilização. Sendo assim, as caixas de seleção foram dispostas ao lado esquerdo, os indicadores em forma de velocímetro no meio, sendo o foco do dashboard e o gráfico de barras no lado direito.

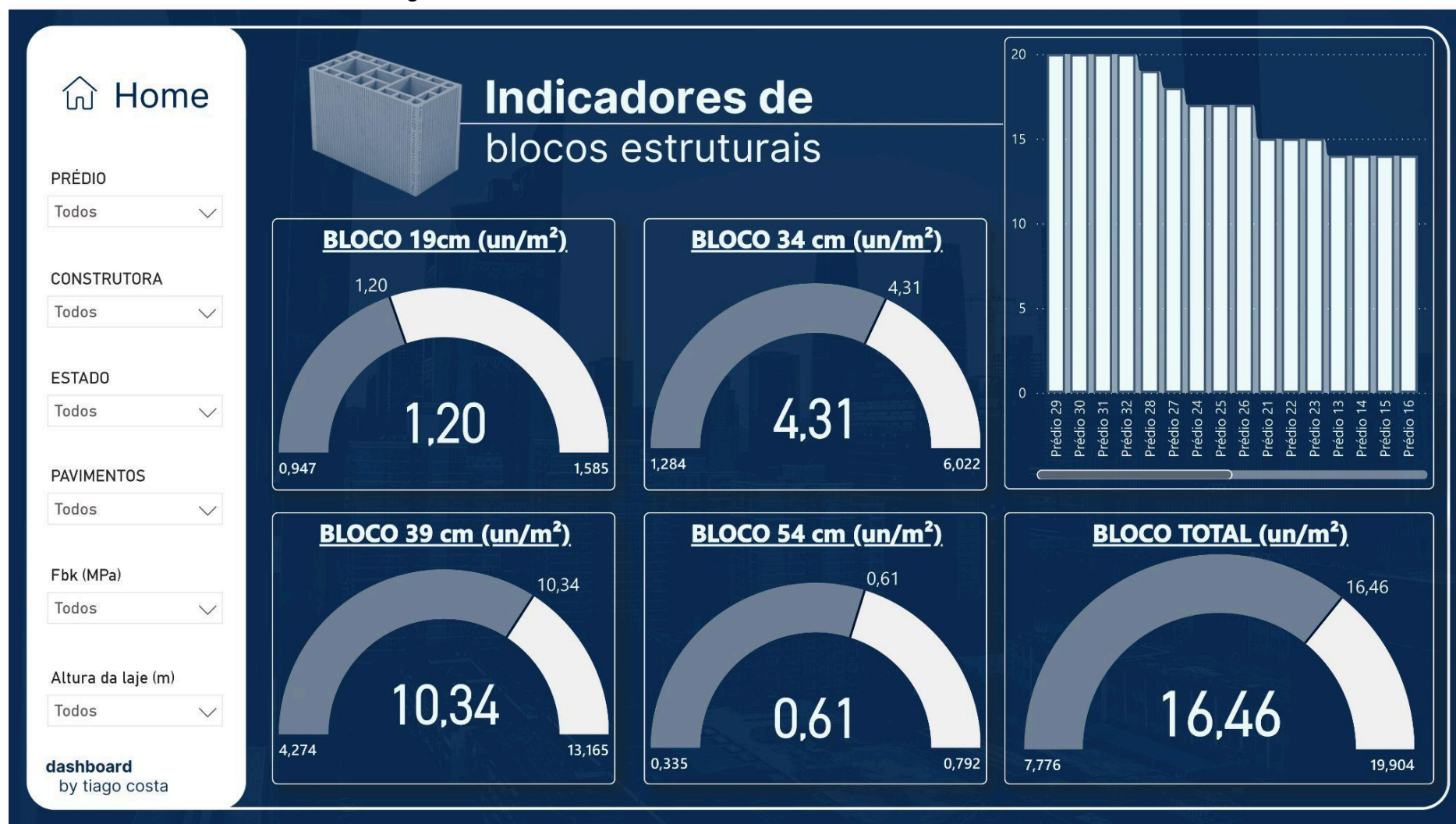
Por fim, esse dashboard foi publicado e compartilhado no espaço de trabalho do Power BI do autor para a sua devida utilização, podendo ser utilizado em outras extensões, a exemplo do Powerpoint para apresentações. Os dashboards, em suas versões finais, são apresentados nas figuras 48 a 52.

Figura 48 - Dashboard aba 1: escolha do tipo de indicador



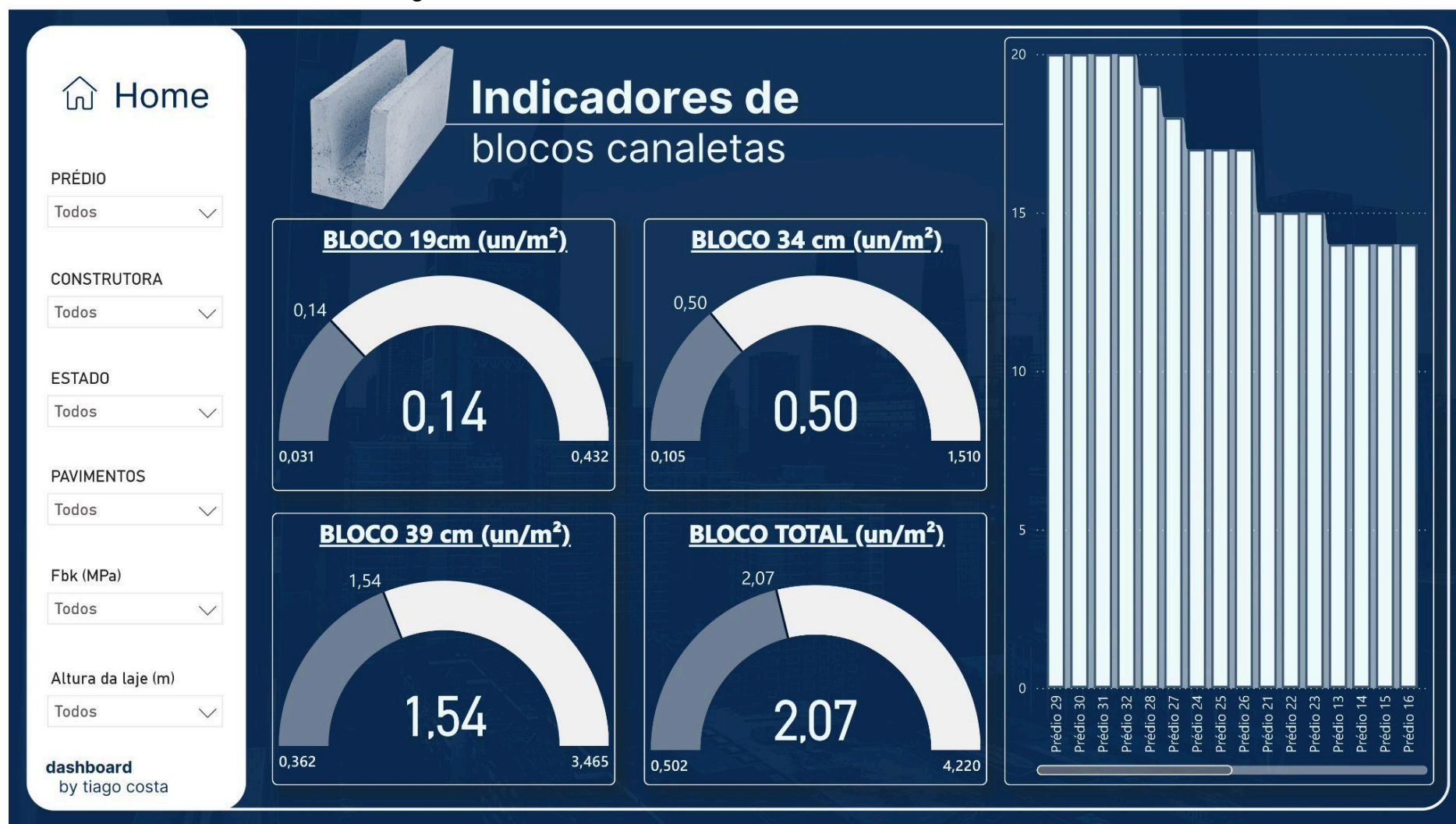
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 49 - Dashboard aba 2: indicadores de blocos estruturais



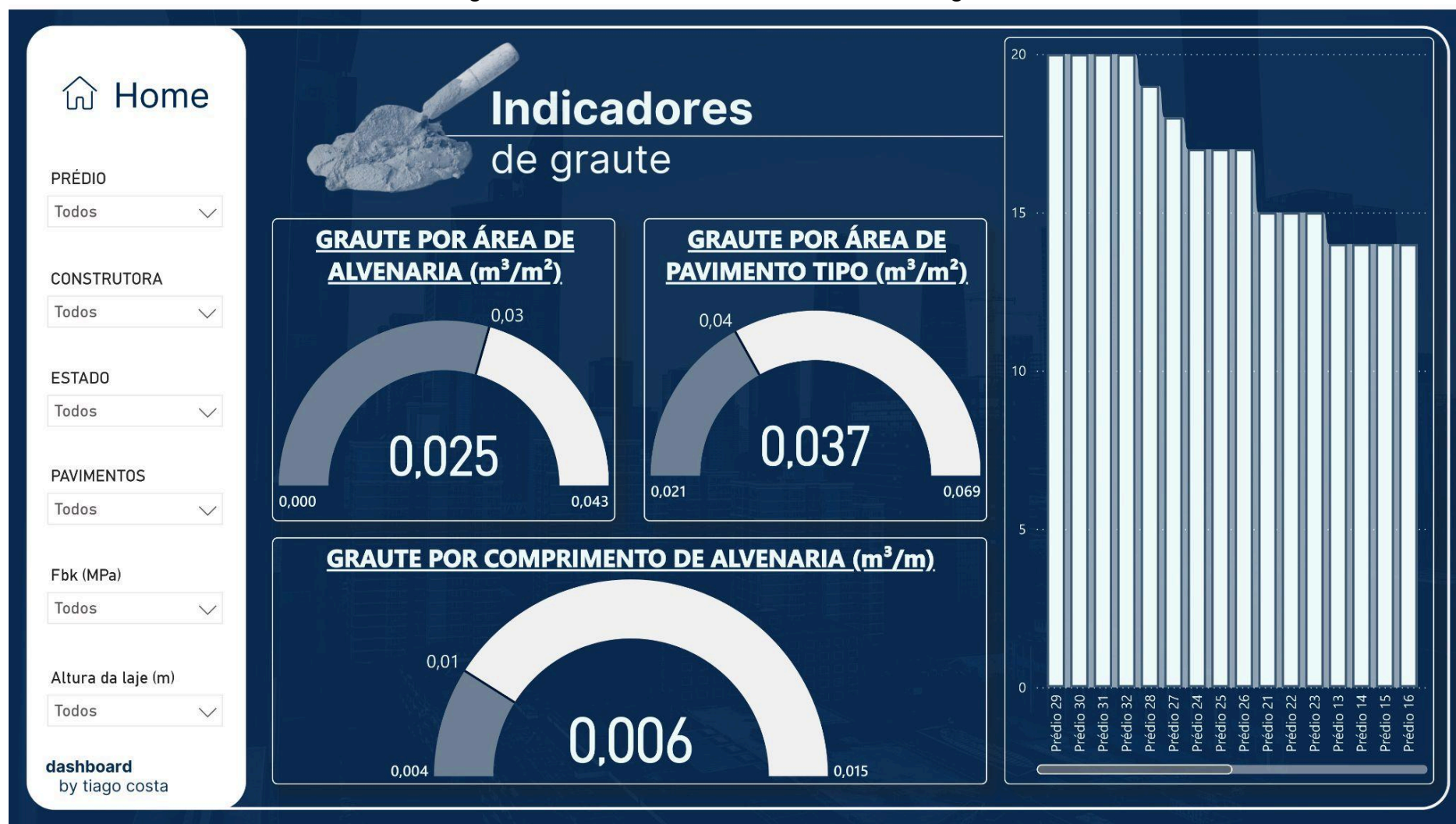
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 50 - Dashboard aba 3: indicadores de blocos canaletas



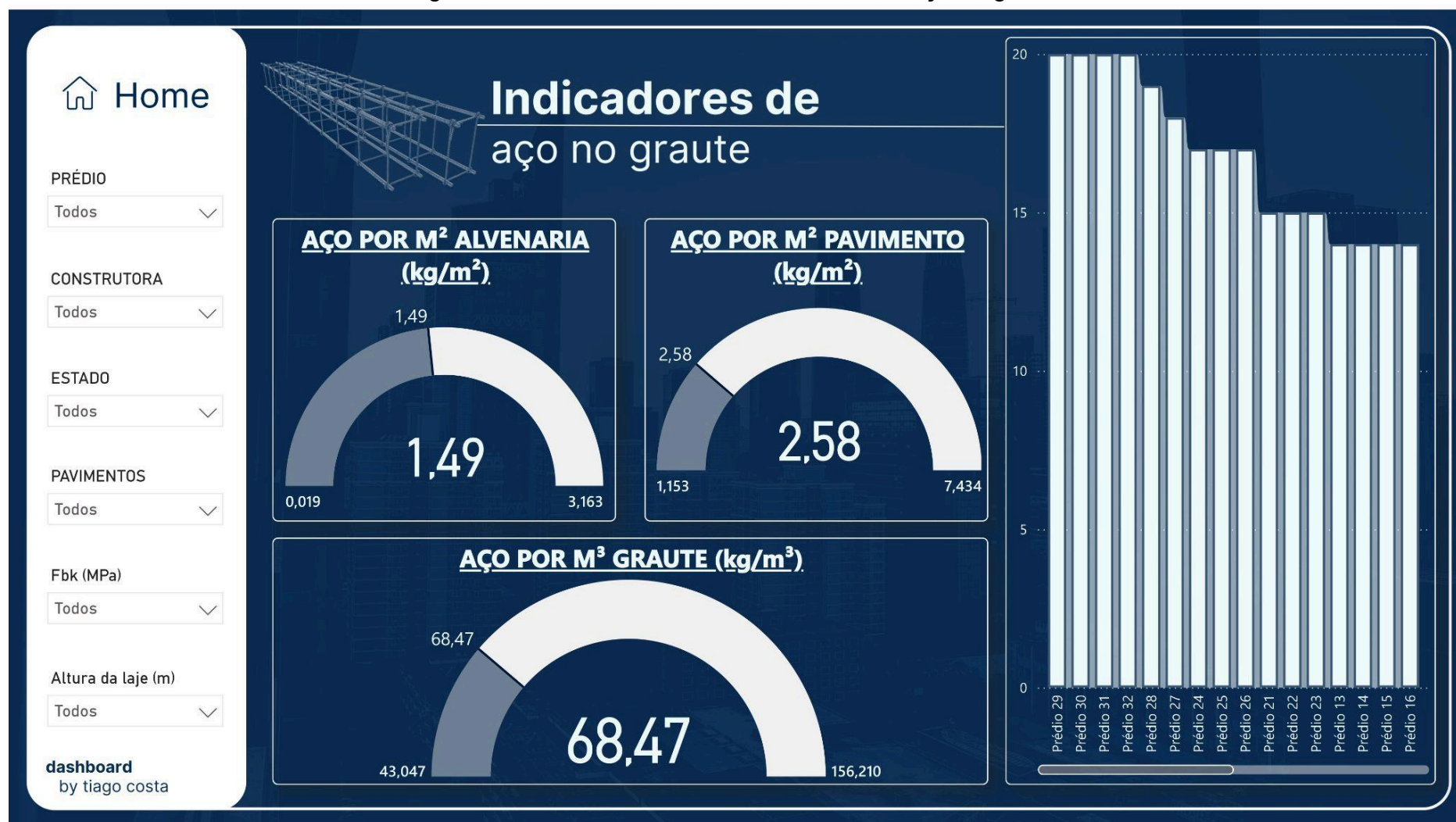
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 51 - Dashboard aba 4: indicadores de graute



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 52 - Dashboard aba 5: indicadores de aço no graute



Fonte: Elaborado pelo autor.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como principal objetivo identificar e sumarizar indicadores de projeto de alvenaria estrutural com ênfase em edifícios altos entre 10 e 20 pavimentos, bem como desenvolver uma abordagem visual para a visualização dessas informações, com a idealização de um modelo de dashboard padrão.

Os indicadores foram desenvolvidos em quatro vertentes: índices de blocos estruturais, índices de blocos canaletas, índices de graute e índices de aço no graute. Além disso, os edifícios analisados foram divididos em três grupos de acordo com a sua quantidade de pavimentos, com o propósito de gerar dados mais confiáveis e direcionados a cada tipo de edificação.

Os resultados mostraram variâncias consideravelmente diferentes entre os índices analisados. Nesse sentido, os três índices que abordam a utilização de graute demonstram variâncias quase nulas entre si. Assim, torna-se evidente que apenas um valor médio define com exatidão a realidade presente nos projetos examinados, sendo desprezível o cálculo desses indicadores em três grupos.

Contudo, os índices de blocos estruturais de todas as dimensões apresentam variâncias consideráveis e necessitam ser analisadas com maiores critérios, principalmente devido às diferentes modulações aplicadas pelas construtoras. Apesar disso, o indicador com maior variabilidade entre os edifícios foi o de aço no graute por volume de graute, com valores variando entre 43 e 157 kg/m³.

Essas discrepâncias advêm principalmente das diferentes características e funções estruturais dos edifícios analisados. Uma vez que esses prédios demandam maiores cargas e solicitações, necessitam-se de armaduras com maiores bitolas, aumentando, assim, o peso de aço. As variações na quantidade de graute aplicado, seja na vertical como sustentação de cargas, seja na horizontal como vergas e contravergas, também contribuem para essas grandes dispersões nesses índices.

Tais diferenças foram facilmente constatadas, principalmente, devido à utilização dos gráficos de dispersão, os quais evidenciaram barras de erro que mostraram métricas de confiabilidade daqueles valores, e à análise estratégica e direcionada de dashboards, os quais provaram que são métodos eficazes de visualização e compreensão de dados, com a identificação de padrões claros.

Este trabalho utilizou uma amostra de prédios somente dos estados de São Paulo (SP) e do Rio de Janeiro (RJ). Assim, os indicadores gerados podem não ter

aplicabilidade eficaz em outras regiões do Brasil, devido a métodos construtivos regionais e padrões econômicos da construtora em questão, por exemplo. Uma sugestão de trabalho futuro seria a comparação dos indicadores dessas metrópoles brasileiras com índices de outras regiões do Brasil, com o objetivo de comprovar se existem critérios construtivos diferentes em cada cidade brasileira.

Entre as limitações encontradas, a obtenção de projetos de alvenaria estrutural foi uma das principais. A amostra utilizada neste trabalho contempla 32 edifícios, essa quantidade pode limitar a generalização e a validação dos resultados adquiridos. Para uma futura monografia, orienta-se expandir a quantidade de edificações nesse espaço amostral, a fim de possibilitar uma análise estatística de maior abrangência.

Diante disso, este trabalho atingiu satisfatoriamente os objetivos planejados, à medida que os resultados adquiridos foram eficazes, seja na obtenção dos índices, seja no desenvolvimento dos dashboards. Dessa maneira, este estudo cumpre sua função de auxiliar os engenheiros projetistas no processo de tomada de decisão no período de desenvolvimento de projetos, com a diminuição de custos significativos.

Apesar disso, faz-se necessário elencar pontos sugestivos de melhoria ou de ampliação para futuros estudos nessa área, como:

- Aumentar a variedade dos tipos ou da quantidade de indicadores analisados;
- Analisar prédios de outras alturas ou de outras tipologias;
- Analisar prédios de alvenaria estrutural no estado do Piauí;
- Comparar os resultados adquiridos com de outras literaturas;
- Desenvolver os dashboards em outros softwares como Excel ou Tableau;
- Utilizar linguagens de programação para ampliar e melhorar os dashboards;

REFERÊNCIAS

- ABRANTES, V.; COSTA, J. M. Quality control in the design process. BELZELGA, A. (Ed.); BRANDON, P. (Ed). **Management, Quality and Economics in Building**. London, E&FN Spon, 1991. (Transactions of the European Symposium on Management, Quality and Economics in Housing and other building sectors. Lisboa, 30 set. a 4 out. 1991). p.367-375.
- ALEXANDER, M.; WALKENBACH, J. **Excel Dashboard & Reports 2nd Edition**. New Jersey: Wiley, 2013.
- AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS. **Quality in the constructed project: a guideline for owners, designers and constructors**. New York, 1988. v.1.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria — Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-1**: Componentes cerâmicos — Blocos e tijolos para alvenaria, Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16636-1**: Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos, Parte 1: Diretrizes e terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16868-1**: Alvenaria Estrutural, Parte 1: Projeto. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16868-2**: Alvenaria Estrutural, Parte 2: Execução e controle de obras. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.
- BARBIERI, Carlos. **BI - Business Intelligence: modelagem e tecnologia**. 2nd ed. Rio de Janeiro: Axcel Books do Brasil Editora, 2001.
- BARROS NETO, J. P. **Proposta de um modelo de formulação de estratégias de produção para pequenas empresas de construção habitacional**. Rio Grande do Sul, 1999. Tese (Doutorado em Administração), Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- BECKER, L. T.; GOULD, E. M. **Microsoft power BI: Extending excel to manipulate, analyze, and visualize diverse data**. Serials review, v. 45, n. 3, p. 184–188, 2019.
- BELLEN, H. M. V., 2005, **Indicadores de sustentabilidade**: uma análise comparativa. Rio de Janeiro.
- BERTEZINI, Ana Luisa. **Métodos de avaliação do processo de projeto de arquitetura na construção de edifícios sob a ótica da gestão da qualidade**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

BEUREN, I. M. **Gerenciamento da informação: um recurso estratégico no processo de gestão empresarial.** São Paulo: Atlas, 1998. 104 p.

BIO, S. R. **Sistema de informação:** um enfoque gerencial. São Paulo: Atlas, 1991. 183p.

BORGES, Carlos Alberto de Moraes. **O conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil.** 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica, University of São Paulo, São Paulo, 2008.

BRASIL. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Guia de vigilância epidemiológica.** 6. ed. Brasília, 2005.

CALDEIRA, J. **Dashboards: Comunicar eficazmente a informação de gestão.** 1ª ed. Coimbra: Almedina, 2010.

CALDEIRA, J. **Monitorização da performance organizacional.** Lisboa: Actual, 2014.

CAMACHO, J. S. **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural.** Ilha Solteira – SP: Núcleo de Ensino e Pesquisa da Alvenaria Estrutural – NEPAE, 2006.

CAMPBELL, B. J. **Understanding information systems:** foundations for control. Massachusetts: Winthrop Publishers, 1977. 153p.

CARDOSO, B. G. **Implementação de dashboards de controlo e gestão de desempenho:** O caso Host Wise. Porto: Universidade Católica Portuguesa, 2021.

CARDOSO, L. M. F. **Indicadores de Produção Limpa:** uma proposta para análise de relatórios ambientais de empresas. Tese de Mestrado, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - Universidade Federal da Bahia, 2004.

CARDOSO, F. F. **Estratégias empresariais e novas formas de racionalização da produção no setor de edificações no Brasil e na França — parte 1.** Estudos econômicos da construção — SindusCon, São Paulo, n. 2, p. 97-156, 1996.

CARNEIRO, Amanda Cunico. **Indicadores de projeto para estruturas em concreto armado do município de Balneário Camboriú - SC.** 2018. 87 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2018.

CINTRA, M. A. H. **Algumas considerações sobre o gerenciamento de projetos.** Juiz de Fora, MG. 2000. v.2 p. 993-1004. Congresso de Engenharia Civil, 4º, Juiz de Fora, 2000. Artigo técnico.

CONSELHO DE ARQUITETURA E URBANISMO DO BRASIL. Tabela de honorários de serviços de arquitetura e urbanismo do Brasil. Módulo I: **Remuneração do projeto arquitetônico de edificações.** Brasília, 2013.

COSTA, D. B.; FORMOSO, C. T. **Fatores chaves de sucesso para sistemas de indicadores de desempenho para benchmarking colaborativo entre empresas construtoras**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 11, n. 3, p. 143-159, jul./set. 2011.

COSTA, D. R. **Diretrizes para concepção, implementação e uso de sistemas de indicadores de desempenho para empresas de construção civil**. Rio Grande do Sul, 2003. Dissertação - (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

CTBUH (COUNCIL FOR TALL BUILDINGS AND URBAN HABITAT). **Criteria for the defining and measuring of tall buildings**. Disponível em: <https://cloud.ctbuh.org/CTBUH_HeightCriteria.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2024.

CTE - CENTRO DE TECNOLOGIA DE EDIFICAÇÕES. **Sistema de gestão da qualidade para empresas construtoras**. São Paulo, CTE/Sinduscon-SP, 1994.

DAVIS, G. B.; OLSON, M. **Sistema de información gerencial**. Bogotá: McGraw-Hill Latinoamericana S.S., 1987. 718p.

DE FREITAS, A. P.; PIRES, M. M. **Projeto de edifícios altos: reflexões e considerações para o projeto estrutural**. CONCRETO & Construções, v. XLVIII, n. 99, p. 39–47, 2020.

DIBELLA, A. J.; NEVIS, E. C.; GOULD, J. M. **Understanding Organizational Learning Capability**. Journal of Management Studies, Oxford, v. 33, n. 3, p. 3361-379, 1996.

DORNBUSCH, D.; GELB, P. **High rise visual impact**. In: D. Conway (Ed.), Human response to tall buildings (pp. 101-111). Stroudsburg: Dowden, Hutchinson & Ross, 1977.

DRESNER, H. **Business intelligence**. Gartner Inc., 1989.

DRYSDALE, R. G. **Masonry structures: behavior and design**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1994. 784 p.

DYM, C. L.; LITTLE, P. **Introdução à Engenharia: Uma abordagem baseada em projeto**. 3ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2010

ECKERSON, Wayne. **Performance Dashboards: measuring, monitoring and managing your business**. 2ª Ed. John Wiley & Sons: 2010.

FABRICIO, M. M.; MELHADO, S. B. . **Caracterização e análise das etapas e interfaces de desenvolvimento de produto na construção de Edifícios**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2003, Ouro Preto. Integração técnica e organizacional das cadeias produtivas, 2003

FABRICIO, M. M.; MELHADO, S. B. . **Desafios para integração do Processo de**

Projeto na Construção de Edifícios. In: workshop nacional: Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 2001, São Carlos - SP. Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 2001

FABRICIO, M. M. **Projeto Simultâneo na Construção de edifícios.** São Paulo, 2002. Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

FERRARI, A.; RUSSO, M. **Introducing Microsoft Power BI.** Redmond, WA, USA: Microsoft Press, 2016.

FEW, S. **Information Dashboard Design:** the effective visual communication of data. Sebastopol: O'Really Media, 2006.

FIGUEIRÓ, W. O. **Racionalização do processo construtivo de edifícios em alvenaria estrutural.** Monografia (Curso de especialização em construção civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2009.

FIRICAN, G. **Best Practices for Powerful Dashboards.** In: Business Intelligence Journal. v. 22. n. 2. p. 33-39. 2017.

FRANCISCHINI, P. G. **Implicações técnicas e organizacionais na implantação de tecnologia digital em controle de processos contínuos.** São Paulo, 1996. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

FREIRE, A. S. **Indicadores de projeto para edifícios em alvenaria estrutural.** 2007. 154 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2007.

FREIRE, A. S.; CARVALHO T. N. F. C.; FERREIRA, C. R. G.; SOUSA, A. O. P.; SILVA, R. B. **Indicadores de projeto para alvenaria estrutural no Piauí.** In: Impactos das Tecnologias na Engenharia Civil 2. [s.l.] Atena Editora, 2019. p. 118–126.

FUNDAÇÃO NACIONAL DA QUALIDADE. **Sistema de Indicadores.** 3. ed. São Paulo: Fundação Nacional da Qualidade, 2014

GOBIN, C. **Le cycle conception-construction-maintenance, la démarche proactive, une méthodologie reproductible à d'autres opérations.** In: BOBROFF, J. (ORG.). La gestion de projet dans la construction — enjeux, organisation, méthodes et métiers. Paris, École Nationale des Ponts et Chaussées, 1993. p.67- 82.

GOLDRATT, E. M. **A síndrome do palheiro:** garimpando informação num oceano de dados. São Paulo: C. Fullmann, 1991, 243p.

GONÇALVES, C. T.; GONÇALVES, M. J. A.; CAMPANTE, M. I. **Developing integrated performance dashboards visualisations using power BI as a platform.** Information (Basel), v. 14, n. 11, p. 614, 2023.

GREGOLETTO, D.; REIS, A. T. L. **Os edifícios altos na percepção dos usuários do espaço urbano.** Cadernos do PROARQ (UFRJ), v. 1, p. 89-110, 2012.

GUILHERME, V. Da S. **Estudo de Caso da Relação Entre Indicadores de Projeto e Custos de um Empreendimento do Subsetor da Construção Civil** (Graduação – Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2022.

HAMMARLUND, Y.; JOSEPHSON, P. E. Sources of quality in building. In: BELZELGA, A. (Ed.); BRANDON, P. (Ed). **Management, Quality and Economics in Building**. London, E&FN Spon, 1991. (Transactions of the European Symposium on Management, Quality and Economics in Housing and other building sectors. Lisboa, 30 set. a 4 out. 1991). p.671-680.

HRONEC, S M. **Sinais vitais**: Usando medidas de desempenho. São Paulo: Makron Books, 1994. 240 p.

KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. **A Estratégia em Ação**: Balanced Scorecard; Rio de Janeiro: Campus (1997).

KARDEC, A.; ARCURI, R.; CABRAL, N. **Gestão estratégica e avaliação do desempenho**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

KERST, R. R. **Projetos e detalhes construtivos de alvenaria estrutural**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2018.

KERZNER, H. **Project Management Metrics, KPIs, and Dashboards**: A Guide to Measuring and Monitoring Project Performance. International Institute for Learning, Inc., New York, NY, 2011, 374p.

KLINE, K. **PowerBI: The self-service BI app that can change your life**. Database Trends & Applications, v. 28, n. 4, 2014.

LANTELME, E. M. V. **Proposta de um sistema de indicadores de qualidade e produtividade para a construção civil**. Porto Alegre, 1994. Dissertação – (Mestrado em engenharia civil), Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

LIMA AZEVEDO, Aderbal; DE CARVALHO SOUSA BEZERRA, Marinna Rafaella; DO NASCIMENTO BRITO, Diogo Ramon. **CONSTRUÇÃO COM ALVENARIA ESTRUTURAL, AGILIDADE E ECONOMIA EM TEMPOS DE ALTA DE PREÇOS NO MERCADO: REVISÃO LITERÁRIA**. RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar - ISSN 2675-6218, [S. l.], v. 4, n. 12, p. e4124655, 2023.

LUHN, H. P. **A Business Intelligence System**. IBM journal of research and development, v. 2, n. 4, p. 314–319, 1958.

MALIK, S. **Enterprise dashboards**: design and best practices for IT. New Jersey: John Wiley & Sons, 2005.

MARQUES, G. A. C. **Projeto na engenharia civil: sistemas e procedimentos para sua condução**. 1979. Dissertação de mestrado. São Paulo, EPUSP, 1979.

MELHADO, S. B. **Gestão, Cooperação e Integração para um Novo Modelo Voltado à Qualidade do Processo de Projeto na Construção de Edifícios**. São Paulo, 2001. Tese (Livre-Docência). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

MELHADO, S. B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção**. 1994. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MELLO, L. C. B. DE B.; AMORIM, S. R. L. DE; BANDEIRA, R. A. DE M. **Um sistema de indicadores para comparação entre organizações: o caso das pequenas e médias empresas de construção civil**. *Gestão & produção*, v. 15, n. 2, p. 261–274, 2008.

MENDES, CARLOS. **Avaliação da incerteza associada a indicadores de desempenho ambiental**: Estudo de caso. 2011. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) - Universidade Federal da Bahia, 2011.

MENDES, P. T. C. ; Andrade, A. A. . **Alvenaria estrutural com blocos estruturais cerâmicos**. In: Luiz Carlos Bonin; Sérgio Roberto Leusin de Amorim. (Org.). MENDES, Paulo de Tarso C. ; Andrade, A.A. ALVENARIA ESTRUTURAL COM BLOCOS ESTRUTURAIS CERÂMICOS. In: Luiz Carlos Bonin; Sérgio Roberto Leusin de Amorim. (Org.). COLETÂNEA HABITARE. : , 2007, v. 6, p. 142-159.. : , 2006, v. 6, p. 142-159.

MENDI, U. S. **Power BI Architecture**: A Complete Tutorial with Diagram. Disponível em: <<https://mindmajix.com/power-bi-architecture>>. Acesso em: 17 nov. 2024.

MICROSOFT. **O que é o Power BI?**, 2024. Disponível em: <<https://learn.microsoft.com/pt-pt/power-bi/fundamentals/power-bi-overview>>. Acesso em: 17 nov. 2024.

MITIDIERI, Claudio. Prefácio. In: TAUIL, Carlos Alberto; NESE, Flávio José Martins. **Alvenaria Estrutural**. São Paulo: PINI, 2010. p. 7.

NEELY, A.; RICHARDS, H.; MILLS, J.; PLATTS, K.; BOURNE, M. **Designing performance measures**: a structured approach. *International journal of operations & Production management* 17.11 (1997): 1131-1152.

MOHAMAD, G. **Construções em Alvenaria Estrutural - Materiais, projeto e desempenho**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2020.

NOGUEIRA, A. M.; MIZRAHI, N. P.; BASTOS C. D. O. **A INFLUÊNCIA DO PROJETO NA EXECUÇÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE EDIFICAÇÕES**. *Revista Tecnológica da Universidade Santa Úrsula*, v. 3, n. 2, p. 33-56, 2020.

OHEY, E.; HARNO, S. S. S.; ZAIN, C. **Developing Integrated Performance Dashboards with Power BI - a Case Study in a Medium-Size Manufacturer**. In: 2021 International Conference on Information Management and Technology (ICIMTech). Vol. 1, pp. 265-270. IEEE, 2021.

OLIVEIRA, D. P. R. **Sistema de informações gerenciais: estratégicas, táticas e operacionais**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 1998.

OLIVEIRA, M.; FREITAS, H. **Seleção de indicadores para tomada de decisão: a percepção dos principais intervenientes na construção civil**. Revista Eletrônica de Administração, Porto Alegre, v. 7, n. 1, mar. 2000.

PAHL, GERHARD; BEITZ, WOLFGANG; FELDHOUSEN, JÖRG; GROTE, KARL-HEINRICH. **Projeto na Engenharia: Fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações**. Edgard Blücher. São Paulo. 2005.

PARSEKIAN, G. A. **Edificações em Alvenaria Estrutural: prática, pesquisa e desafios**. Revista Concreto & Construções - Instituto Brasileiro de Concreto (IBRACON), v. XLII, n. 76, p. 92–97, 2014.

PARSEKIAN, G. A.; ALCÂNTARA JÚNIOR, P. S. B.; LOPES, G. M.; BLANCO, R.; FREIRE, A. S.; DIAS, T. C. M.; POLPO, A. **SISTEMA ON-LINE DE INDICADORES DE PROJETO EM EDIFÍCIOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL – BENCHMARK**. Gestão & Tecnologia de Projetos, São Carlos, v. 6, n. 1, p. p. 15–31, 2011.

PARSEKIAN, G. A.; HAMID, A. A.; DRYSDALE R, R. G. **Comportamento e dimensionamento de alvenaria estrutural**. São Carlos: Edufscar. 2012.

PARSEKIAN, G. A.; NOVAES C. C.; FREIRE, A. S.; SIRIANI C. E. **Indicadores de projeto em edifícios em alvenaria estrutural: estudo preliminar**. In: IV SIBRAGEQ - IV Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização do Trabalho no Ambiente Construído. Porto Alegre, UFRGS, 2005.

PEROTTO, E., CANZIAN, R., MARCHESI, R., *et al.*, 2008, “**Environmental performance, indicators and measurement uncertainty in EMS context: a case study**”, Journal of Cleaner Production, v. 16, pp. 517–530

PICCHI, F. A. **Sistema de qualidade: Uso em empresas de construção**. São Paulo: EDUSP, 1993. 223 p.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK)**. 4ª Edição. PMI, 2008

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK)**. 6ª Edição. PMI, 2017

PROJECT. In: COLLEGIATE DICTIONARY. Merriam Webster Online. Merriam-Webster, Incorporated. [19--]. Disponível em: <<https://www.merriam-webster.com/dictionary/project/>>. Acesso em: 21 nov. 2023.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA M. R. S. **Projetos de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo, Pini. 2003.

RASMUSSEN, N.; CHEN, C. Y.; BANSAL, M. **Business dashboards: a visual**

catalog for design and deployment (1st edi). New Jersey. John Wiley & Sons, 2009.

RAUBER, F. C. **Contribuições ao projeto arquitetônico de edifícios em alvenaria estrutural**. 2005. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

RODRIGUES, M. E.; RODRIGUES, A. M. **Indicadores de desempenho – ferramentas para avaliação de repositórios institucionais**. Actas do Congresso Nacional de Bibliotecários, Arquivistas e Documentalistas. No. 11. 2012.

ROMAN, H. R.; MUTTI, C.N.; ARAÚJO, H.N. **Construindo em alvenaria estrutural**. Florianópolis, UFSC, 1999.

ROMAN, H. R. ; PARIZOTTO, S. F. . **Manual de Alvenaria Estrutural com Blocos Cerâmicos**. 2006.

SANZ, A. C. P. **Proposta de um dashboard para monitorizar falhas de energia numa rede elétrica inteligente**. Dissertação (Mestrado em Gestão de Sistemas de Informação) - Instituto Universitário de Lisboa (ISCTE), Lisboa. 2018.

SETZER, V. W. **Os Meios Eletrônicos e a Educação: Uma Visão Alternativa**. São Paulo: Editora Escrituras, Coleção Ensaio Transversais Vol. 10, 2001.

SHIMOMUKAY, R. F. **Proposta de um sistema de indicadores de desempenho para o processo de projeto de edificações**. 2019. 70 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

SILVA, M. A. C. **Metodologia de seleção tecnológica na produção de edificações com o emprego do conceito de custos ao longo da vida útil**. São Paulo, 1996. 336 p. Tese (doutorado) — Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

SILVA, M. A. C. C. **Análise de indicadores de qualidade de projeto visando a tomada de decisão: um estudo de caso**. 2018. 69f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2018.

SILVA JR., N. L. (2010). **Indicadores de Desempenho em Projetos de Arquitetura no Eixo Brasília-Goiânia**. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 113p.

SOBRAL, A.; FREITAS, C.M. de; PEDROSO, M. de M.; GURGEL, H. Definições básicas: Dado, Indicador e Índice. Saúde Ambiental. Guia básico para construção de indicadores. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. **Saúde Ambiental: Guia Básico para Construção de indicadores** Brasília: Ministério da Saúde (Série B. Textos Básicos de Saúde), p. 25-52, 2011.

SOUSA, R; MIRANDA, R.; MOREIRA, A.; ALVES, C.; LORI, N.; MACHADO, J;

Software tools for conducting real-time information processing and visualization in industry: An up-to-date review. Applied sciences (Basel, Switzerland), v. 11, n. 11, p. 4800, 2021.

SOUZA, R. **Metodologia para desenvolvimento e implantação de sistemas de gestão da qualidade em empresas construtoras de pequeno e médio porte.** São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana, 1997. Tese de doutorado

STN. **Manual de Contabilidade Aplicada ao Setor Público (MCASP).** 10^a ed., 2023. Disponível em:
<https://sisweb.tesouro.gov.br/apex/f?p=2501:9:::9:P9_ID_PUBLICACAO:48458>
Acesso em: 01 nov. 2024.

TAUIL, C. A.; NESE, F. J. M. **Alvenaria estrutural.** São Paulo: Pini, 2010.

TAKASHINA, Nelson; FLORES, Mário. **Indicadores da qualidade e do desempenho:** como estabelecer metas e medir resultados. Rio De Janeiro: Qualitymark, 1996.

TURBAN, E.; SHARDA, R.; KING, D.; ARONSON, J. E. **Business Intelligence: um enfoque gerencial para a inteligência do negócio.** Porto Alegre, Bookman, 2009.

TZORTZOPOULOS, P. **Contribuições para o desenvolvimento de um modelo do processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte.** 1999. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

VIANA, J. V. L. **Indicadores de projeto de arquitetura em empreendimentos da cidade de Maceió.** 2020. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2020.

WATSON, H. J. **Data Visualization, Data Interpreters, and Storytelling.** Business Intelligence Journal. 2017. p.5-11.

WEBER, A. de O. S.; LIMA, B. de S.; SILVA, N. E. G.; SANTOS, I. A. dos; WEBER, I.; PHILIPSEN JUNIOR, L.A. **Indicadores de desempenho para benchmarking em empresas construtoras na cidade de Maceió – AL.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 12., 2021, Maceió. Anais[...] Porto Alegre: ANTAC, 2021. p.1-7.

WU, L.; BARASH, G.; BARTOLINI, C. **A Service-oriented Architecture for Business Intelligence.** IEEE International Conference on Service-Oriented Computing and Applications (SOCA '07), p. 279–285, 2007.

ZANELLA, L. C. H. **Metodologia de estudo e de pesquisa em administração.** Brasília: CAPES, UAB, 2009.