



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

NELSON MENDES ANTUNES

**COMPARAÇÃO DE CARGAS NA FUNDAÇÃO E QUANTITATIVO DE AÇO E
CONCRETO DE DOIS EDIFÍCIOS DE 6 PAVIMENTOS CONSTRUÍDOS EM:
ALVENARIA COMUM VERSUS STRUCTURAL GLAZING E DRYWALL**

Tubarão

2022

NELSON MENDES ANTUNES

**COMPARAÇÃO DE CARGAS NA FUNDAÇÃO E QUANTITATIVO DE AÇO E
CONCRETO DE DOIS EDIFÍCIOS DE 6 PAVIMENTOS CONSTRUÍDOS EM:
ALVENARIA COMUM VERSUS STRUCTURAL GLAZING E DRYWALL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Civil da Universidade
do Sul de Santa Catarina como requisito parcial
à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Walter Olivier Alves, Esp.

Tubarão

2022

NELSON MENDES ANTUNES

**COMPARAÇÃO DE CARGAS NA FUNDAÇÃO E QUANTITATIVO DE AÇO E
CONCRETO DE DOIS EDIFÍCIOS DE 6 PAVIMENTOS CONSTRUÍDOS EM:
ALVENARIA COMUM VERSUS STRUCTURAL GLAZING E DRYWALL**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Tubarão, 22 de novembro de 2022

Professor e orientador Walter Olivier Alves, Esp.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Prof. Gercino Preve, Esp.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Engenheiro Civil Vítor Iung da Rosa
Universidade do Sul de Santa Catarina

Dedico a Deus, pelo dom da vida, por me capacitar e ter permitido que eu chegasse até aqui.

AGRADECIMENTOS

A minha esposa, que sempre esteve ao meu lado durante este tempo de formação acadêmica, acreditou em mim e me motivou diariamente.

A minha família e amigos por estarem sempre ao meu lado.

Aos professores que compartilharam de seus conhecimentos para o meu aprendizado.

“O conhecimento amplia a vida. Conhecer é viver uma realidade que a ignorância impede desfrutar” (Carlos Bernardo González Pecotche).

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo fazer a comparação de cargas na fundação e quantitativos de aço e concreto de dois edifícios de 6 pavimentos, construídos em alvenaria comum versus structural glazing e drywall. Atualmente, o emprego de materiais leves nas edificações está sendo cada vez mais estudado e analisado por engenheiros e construtores, como alternativa de reduzir o dimensionamento dos elementos estruturais na estrutura de concreto armado. Alguns materiais aplicados na construção civil destacam-se pelo baixo peso específico, entre eles, o structural glazing e o drywall que substituem a alvenaria convencional de blocos cerâmicos com revestimento de argamassa, aplicado como parede de vedação. Para obter os resultados da comparação, será feito um cálculo estrutural com o auxílio do software Multicalc V10 para os dois sistemas construtivos. A partir dos relatórios de cálculo gerados pelo software, analisaremos e apresentaremos a diferença do carregamento de cargas na fundação e quantitativos de aço e concreto dos elementos estruturais, como lajes, vigas, pilares e fundação, assim como verificaremos se a substituição de paredes de vedação com materiais leves em relação a alvenaria convencional tem impacto significativo nas dimensões dos elementos estruturais de uma edificação.

Palavras-chave: Comparação de cargas na fundação. Parede de vedação leve. Análise estrutural.

ABSTRACT

The purpose of this review is to compare the loads in the foundation and the quantities of steel and concrete about two 6-floors buildings built in common masonry versus structural glazing and drywall. Nowadays, the use of lightweight materials in buildings has been studied by engineers and builders as an alternative to reduce the sizing about structural elements in reinforced concrete structure. Some materials used in civil construction stand out for their low specific weight, including structural glazing and drywall, which replace conventional masonry of ceramic blocks with mortar coating, applied as a sealing wall. To obtain the results of this comparison, a structural calculation will be made through the Multicalc V10 software for two construction systems. From the calculation reports generated by the software, we will analyze and present the difference in loading loads on the foundation and quantitative steel and concrete of structural elements, such as slabs, beams, pillars and foundation, as well as verifying if the replacement of sealing walls with lightweight materials compared to conventional masonry has a significant impact on the dimensions of structural elements of a building.

Keywords: Comparison of loads on the foundation. Light sealing wall. Structural analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Alvenaria de vedação	15
Figura 2 – Bloco cerâmico.....	15
Figura 3 – Edifício Portland’s Equitable Building	16
Figura 4 – Palácio do planalto	16
Figura 5 - Structural glazing.....	17
Figura 6 – Sistema de fachada.....	17
Figura 7 – Parede de drywall.....	18
Figura 8 – Detalhe construtivo do drywall	18
Figura 9 – Projeto arquitetônico em alvenaria.....	21
Figura 10 – Projeto arquitetônico em structural glazing e drywall	22
Figura 11 – Lançamento da estrutura da edificação	27
Figura 12 – Lançamento da estrutura por pavimentos	28
Figura 13 – Planta de locação das sapatas	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados da edificação	23
Tabela 2 – Dados do bloco cerâmico.....	23
Tabela 3 – Dados da argamassa.....	23
Tabela 4 – Dados da fachada.....	24
Tabela 5 – Dados da divisória em drywall	24
Tabela 6 – Dados do ensaio SPT	24
Tabela 7 – Dados do concreto	25
Tabela 8 – Traço do concreto	25
Tabela 9 – Dados do aço.....	25
Tabela 10 – Comparação de cargas na fundação.....	31
Tabela 11 – Comparação de quantitativos de aço e concreto.....	32

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	JUSTIFICATIVA.....	12
1.2	OBJETIVOS.....	13
1.2.1	Objetivo Geral	13
1.2.2	Objetivo Específico	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1.1	Sobre o concreto armado	14
2.1.2	Sobre a alvenaria de vedação com blocos cerâmicos	14
2.1.3	Sobre o structural glazing	15
2.1.4	Sobre o drywall	17
2.1.5	Desempenho e eficiência dos materiais de construção modernos	18
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	20
3.1	PROJETO ARQUITETÔNICO	20
3.2	PARÂMETROS DO SISTEMA CONSTRUTIVO	23
3.2.1	Alvenaria	23
3.2.2	Structural glazing	24
3.2.3	Drywall	24
3.3	PARÂMETROS DO SOLO.....	24
3.4	PARÂMETROS DO CONCRETO.....	25
3.5	PARÂMETROS DO AÇO.....	25
3.6	PARÂMETROS DO PROJETO ESTRUTURAL	26
3.7	EXECUÇÃO DO CÁLCULO ESTRUTURAL	26
3.8	PROJETO DO LANÇAMENTO DA ESTRUTURA.....	26
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	29
4.1	COMPARAÇÃO DE CARGAS NA FUNDAÇÃO	29
4.2	COMPARAÇÃO DE QUANTITATIVOS DE AÇO E CONCRETO	32
5	CONCLUSÃO	33
	REFERÊNCIAS	34

1 INTRODUÇÃO

O cálculo estrutural tem um papel primordial na engenharia civil, ele é fundamental para assegurar e garantir a estabilidade das estruturas. Segundo ABNT (2014, p. 13), “a solução estrutural adotada em projeto deve atender aos requisitos de qualidade estabelecidos nas normas técnicas, relativos à capacidade resistente, ao desempenho em serviço e à durabilidade da estrutura”.

Diversos são os tipos de materiais empregados na construção civil, entre eles, o concreto armado, material comumente utilizado em estruturas de edificações. Segundo Coelho (2008) o uso do concreto armado, atualmente, é necessário a qualquer tipo de obra civil, pois, desde a mais simples residência ao mais luxuoso prédio, esse componente é o maior responsável pela estrutura autoportante.

Atualmente, o emprego de materiais para formação de estruturas leves está sendo cada vez mais estudado e analisado por engenheiros e construtores. Segundo Lima, Sousa e Silva (2020), o setor da construção civil é responsável pelo consumo de 50% dos recursos naturais, logo, a construção sustentável é o melhor caminho a se buscar para preservação do meio ambiente. Como uma alternativa sustentável o uso de agregados leves na produção de concreto está sendo cada vez mais sendo praticado, um dos métodos consiste na adição de Poliestileno Expandido (EPS) no concreto, que vem demonstrando resultados satisfatórios, entre os quais podemos citar: qualidade, acabamento, menor peso próprio dos componentes das edificações, menos carga nas fundações e economia na obra. Entretanto, o setor da construção civil é altamente conservador em relação ao emprego de novos materiais e novas tecnologias.

Outra vantagem dos materiais leves que está sendo desenvolvida para o uso na construção civil é que, na grande maioria, são materiais reciclados ou resíduos reaproveitados, que contribuem diretamente para a sustentabilidade do meio ambiente. Segundo Coimbra e Morelli (2000), a argamassa de peso leve, consiste na adição combinada de aditivos formadores de micro porosidade, mais a utilização de misturas de resíduos industriais. Esta argamassa pode ser aplicada como material de construção em paredes internas e externas, possui propriedades de isolamento acústico e resiste a altas e baixas temperaturas. Além disso, são argamassas que podem ser substituídas pela argamassa convencional que é feita com mistura de cimento, areia, água e cal.

Ainda existem obstáculos com materiais sustentáveis por falta de conhecimento, pesquisas e testes aprofundados. Segundo Camargo e Pereira (2021), a cada dia a construção

civil está se inovando em técnicas e elementos construtivos. Presente em diversos países, o bambu é uma matéria com grande potencial renovável, não necessita de replantio e suas propriedades podem variar de acordo com a espécie. Em um estudo realizado com as propriedades do bambu, verificou-se que no ensaio de compressão, o bambu possui valores entre 38 a 75 Mpa, e, no ensaio de tração, possui 102 a 125 Mpa, diferente do concreto utilizado na construção civil, que possui valores abaixo dos resultados obtidos em ensaios. Entre as aplicações do bambu na construção civil, pode-se citar: pilares, vigas, armação na fundação, portas, janelas e entre outros.

Este trabalho tem o objetivo de comparar o carregamento de forças atuantes na fundação e os quantitativos de aço e concreto de um edifício comercial de 6 pavimentos. Com estrutura de concreto armado tradicional, a comparação será obtida entre os materiais utilizados, como fechamento dos vãos de concreto e divisórias internas dos ambientes da edificação.

No primeiro sistema construtivo, o fechamento dos vãos “externos” e “internos” da edificação será feito com alvenaria de vedação de blocos cerâmicos e argamassa convencional.

No segundo sistema construtivo, o fechamento dos vãos “externos” será feito com structural glazing (estrutura de vidro e perfis de alumínio extrudados) e o fechamento dos vãos “internos” será feito com parede de drywall (chapas de gesso acartonado, aparafusadas em ambos os lados de uma estrutura de aço galvanizado).

O resultado será obtido através de um cálculo estrutural, realizado com o auxílio do software Multicalc V10.

1.1 JUSTIFICATIVA

Segundo Diniz, Lages e Barboza (2019), diversos fatores influenciam para a estabilidade global das estruturas de concreto armado. Um fator importante que viabiliza a construção de edifícios cada vez mais altos é o avanço tecnológico dos materiais. No cálculo estrutural, a estabilidade global da edificação é influenciada por diversas condições, como as ações externas (forças devido ao vento, peso próprio da estrutura, sobrecargas e a rigidez de seus elementos, são algumas delas). O dimensionamento dos componentes estruturais de uma edificação está diretamente ligado as condições de análise de todos os fatores influenciadores no cálculo estrutural.

A comparação dos resultados entre os dois sistemas construtivos, compostos por materiais com pesos específicos leves e pesados, influenciam diretamente no peso próprio da edificação. As cargas que atuarão na fundação entre os dois modelos serão distintas, e as

dimensões dos elementos estruturais de concreto armado podem ser observados pela diferença de quantitativo de concreto e aço entre os dois modelos. Segundo Koshima *et al.* (2019, p. 55), “todo projeto de fundações contempla as cargas aplicadas pela obra e a resposta do solo a estas solicitações”. Conforme Penha e Lupepsa (2020), no método construtivo que se aplica materiais leves, suas estruturas exigem menos fundação do que a alvenaria convencional.

Fazendo uma analogia entre os dois sistemas construtivos, destaca-se a grande diferença de peso por metro quadrado dos fechamentos dos vãos. Outro ponto relevante é que tanto o sistema structural glazing e o drywall que serão utilizados no mesmo modelo em análise, são materiais recicláveis e geradores de poucos resíduos em obra, além de terem excelentes propriedades acústica, eficiência energética e controle solar. O uso desses materiais traz uma arquitetura moderna e renovável. Apesar de possuírem um custo elevado, a economia de aço e concreto gerada pode proporcionar um maior incentivo ao uso deste material pelos construtores.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Comparar o carregamento de forças atuantes na fundação e os quantitativos de aço e concreto entre dois sistemas construtivos de fechamentos de vão distintos.

1.2.2 Objetivo Específico

- a) Criar o projeto arquitetônico;
- b) Identificar o sistema construtivo da edificação;
- c) Identificar parâmetros dos materiais utilizados nos cálculos estruturais;
- d) Posicionar membros estruturais na edificação (pilares, vigas, lajes);
- e) Aplicar cargas para o cálculo de estruturas de edificações;
- f) Executar o cálculo estrutural das edificações, com o software multicalc V10;
- g) Comparar os resultados obtidos para verificação do objetivo geral.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.1 Sobre o concreto armado

Segundo Porto e Fernandes (2015), o homem, com o passar do tempo, começou a abandonar suas moradias em árvores e cavernas e iniciou o processo de construção de residências com materiais como madeira, pedra, argila. A evolução dos materiais foi constantemente acontecendo. Entre o material de maior descoberta e relevância na construção civil foi, sem dúvida, o concreto armado, que se trata de um material composto, originado pela mistura de cimento (aglomerante), água (ligante), areia (agregado miúdo), brita (agregado graúdo) e armaduras de aço (para aumento da resistência a tração).

No Brasil, os primeiros registros de aplicação do concreto armado foram no início do século XIX, no Rio de Janeiro. Acredita-se que os primeiros cálculos de estruturas em concreto armado no país foram realizados por Carlos Euler em um projeto de uma ponte sobre o rio Maracanã, por volta de 1908.

Das vantagens do concreto armado, podemos citar: elevada resistência a compressão, facilidade em moldar diversas geometrias, durabilidade da estrutura, exige mão de obra menos qualificada e custo de manutenção baixo.

Sobre as desvantagens do concreto armado, pode-se elencar: baixa resistência a tração, peso próprio elevado (2500 Kg/m^3), tempo de execução maior que outros sistemas construtivos devido ao tempo de cura e geração de resíduos no canteiro de obra.

2.1.2 Sobre a alvenaria de vedação com blocos cerâmicos

Segundo Penha e Lupepsa (2020), o tijolo é o produto da construção civil mais antigo até hoje; sua origem se iniciou em 6000 a.C. Devido a sua fácil obtenção, trata-se de um composto de uma mistura básica de argila e água, da qual se obtém uma pasta plástica com fácil moldagem. Após a moldagem, é levado a um forno com temperatura entre 900 à 1050° , onde fica por um determinado tempo, até a sua secagem.

No Brasil, os primeiros registros de aplicação foram no século XVII. Os portugueses, que já dominavam a tecnologia de produção na Europa, a implantaram no Brasil, mas foi com a chegada da família real portuguesa que os centros urbanos começaram a evoluir e crescer, impulsionando o consumo do produto na construção civil.

Segundo Thomaz, *et al.* (2009), alvenarias de vedação (Figura 1) são aquelas empregadas a divisão de ambientes, preenchendo os vãos de estruturas de concreto armado. Suportam apenas o seu peso próprio e cargas de utilização, como armários, rede de dormir e outros e, devem ter adequada resistência às cargas laterais, como por exemplo, da atuação do vento, impactos acidentais e outras. Tauil e Nesse (2010) definem a alvenaria como o conjunto de peças posicionadas, coladas em sua interface por uma argamassa apropriada, formando um elemento vertical unido. Esse conjunto unido serve para vedar espaços e promover segurança. Entre os tipos de sistemas construtivos da alvenaria, o componente mais utilizado é o bloco cerâmico (Figura 2).

Figura 1 – Alvenaria de vedação



Fonte: ResearchGate (2022)

Figura 2 – Bloco cerâmico



Fonte: Cerâmica Roque (2022)

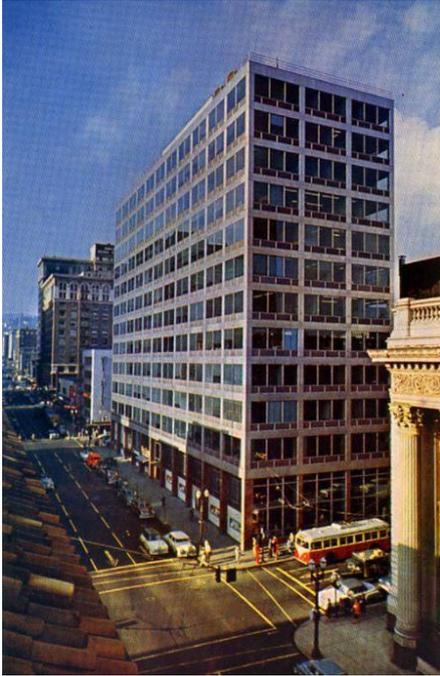
Das vantagens da alvenaria de vedação com blocos cerâmicos, podemos mencionar: durabilidade, material com baixo custo, mão de obra disponível e resistência mecânica.

Das desvantagens da alvenaria de vedação com blocos cerâmicos, pode-se referir: tempo de execução, necessidade de revestimento com argamassa e pintura.

2.1.3 Sobre o structural glazing

Segundo Araújo (2018), por volta de 1947, na cidade de Portland (EUA), o arquiteto Pietro Belluschi recebeu da Alcoa Company a missão de utilizar o alumínio extrudado na construção civil, que até então, era aplicado somente na área industrial. Em 1951, o célebre edifício Portland's Equitable Building (Figura 3) foi concluído, e foi o primeiro edifício a receber os quadros de alumínio extrudado com vidros em toda sua fachada. Além disso, também foi o primeiro edifício totalmente fechado do mundo com ar condicionado.

Figura 3 – Edifício Portland’s Equitable Building



Fonte: Flickr (2022)

No Brasil, os primeiros registros de uso das fachadas de vidro com alumínio foram na década de 60. Entre uma das obras pioneiras deste sistema construtivo, está o palácio do planalto (Figura 4), concebida pelo arquiteto Oscar Niemeyer.

Figura 4 – Palácio do planalto



Fonte: Clima (2022)

O structural glazing (Figura 5), é um sistema em que o vidro é colado com silicone estrutural nos perfis dos quadros de alumínio do sistema de fachada (Figura 6). Em uma visão externa da edificação, apenas é possível visualizar o vidro, justificando o termo comumente utilizado: “fachada de vidro” ou “pele de vidro”. Entre os vidros mais utilizados na aplicação, estão os vidros refletivos, os quais tem como principais benefícios: a privacidade pela reflexão,

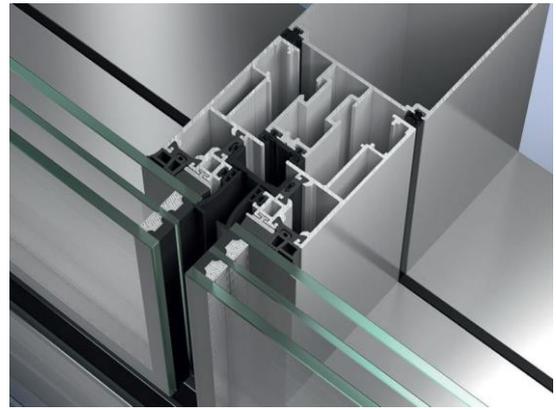
a redução de até 60% de entrada de calor e de 80% da entrada dos raios UV. No processo de instalação, a montagem é bem eficaz; boa parte do processo é feito internamente em indústrias especializadas. Quanto a instalação na edificação, o processo de montagem é realizado pela parte interna da obra, e pode ser executada andar por andar. Desta forma, já libera em curto espaço de tempo o ambiente para a realização dos serviços seguintes: acabamento de gesso, colocação de piso, papel de parede e entre outros.

Figura 5 - Structural glazing



Fonte: OMSI (2022)

Figura 6 – Sistema de fachada



Fonte: Archiproducts (2022)

Sobre as vantagens da fachada de vidro e alumínio: são estruturas mais leves que a alvenaria convencional, eficiência energética, controle solar, desempenho acústico, material sustentável e rápida instalação.

Das desvantagens da fachada de vidro e alumínio, citamos: limpeza frequente e fragilidade.

2.1.4 Sobre o drywall

Segundo Penha e Lupepsa (2020), o drywall foi desenvolvido na cidade Nova York (EUA) no ano de 1894, pelo empresário Augustine Sackett e seu parceiro Fred L. Kane. O drywall, também conhecido como gesso acartonado, é um material composto, formado pela compactação do gesso e papel reciclado, e através desse processo, obtém-se as chapas. Na instalação, são usados perfis de aço galvanizado para ancoragem e fixação das placas de gesso acartonado através de parafusos.

No Brasil, o drywall surgiu a partir de 1970 com o início da importação dos EUA/Europa. Porém o uso de drywall ganha cada vez mais espaço no mercado brasileiro e sua expansão iniciou na década de 90.

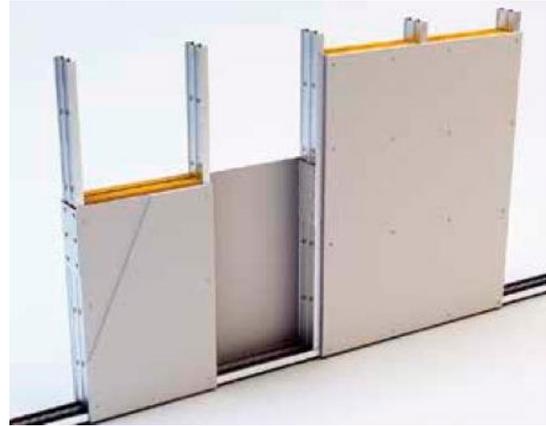
As paredes de drywall (Figura 7), segundo a associação brasileira de drywall (2006), consistem em um material industrializado e utilizado como alternativa para fechamentos de vãos, substituindo a alvenaria convencional. Conforme detalhe construtivo do drywall (Figura 8), segundo Costa, Silva e Bombonato (2014), o drywall destaca-se como principal material utilizado em ambientes internos. No Brasil, a alvenaria convencional ainda é predominante.

Figura 7 – Parede de drywall



Fonte: Signus (2022)

Figura 8 – Detalhe construtivo do drywall



Fonte: Portal metálica (2022)

Das vantagens do drywall, pode-se dizer: são estruturas mais leves que a alvenaria convencional, proporcionam obra limpa sem geração de muito resíduo, desempenho acústico, facilidade para instalação hidráulica e elétrica, material sustentável e rápida instalação.

Sobre as desvantagens do drywall: não pode ser aplicado em ambientes externos, baixa resistência mecânica e necessita de mão de obra especializada.

2.1.5 Desempenho e eficiência dos materiais de construção modernos

Os materiais utilizados na construção civil têm evoluído cada vez mais com o passar dos tempos. Entre os benefícios que surgem, podemos citar: são materiais mais leves, maior conforto térmico e acústico, produção industrializada que agiliza o processo de instalação, apresenta menor geração de resíduos nos canteiros de obras e oferecem uma arquitetura moderna.

Segundo Fabricio (2013, p. 232), durante o século XX, o movimento moderno de arquitetura buscou uma formulação estética representativa da nova sociedade industrial, com projetos que atendessem a restrições de uma produção industrial. Nesse contexto, a industrialização das construções pode ser considerada um dos pressupostos da arquitetura

moderna, e em nome dessa industrialização da produção de edifício, justificaram-se diferentes opções estéticas e construtivas.

Conforme Sabbatini (1989):

Industrialização das construções é um processo evolutivo que, através de ações organizacionais e de implementação de inovações tecnológicas, métodos de trabalho e técnicas de planejamento e controle, objetiva incrementar a produtividade e o nível de produção e aprimorar o desempenho da atividade construtiva.

Segundo Barbosa, Granja e Olivieri (2019), o setor da construção civil no Brasil ainda utiliza métodos convencionais de construção. Com o desenvolvimento do mercado imobiliário, a necessidade de competitividade e redução de prazos e custos da obra tem mobilizado as construtoras a buscarem sistemas de construção inovadores. Países que fomentam a inovação, melhoram sua produtividade, tornando economias mais eficientes.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O ponto de partida do projeto estrutural de uma construção consiste na idealização de um arranjo estrutural, com base no projeto arquitetônico. A concepção estrutural deve obedecer a algumas diretrizes gerais: atender as condições estéticas do projeto arquitetônico, posicionamento de pilares embutidos na parede (evitando meio de vãos), vigas alinhadas com as paredes e evitar grandes vãos entre vigas.

Um modelo de sistema estrutural deve ser adotado, os materiais inseridos como elementos do sistema estrutural devem ser identificados e seus parâmetros conhecidos.

3.1 PROJETO ARQUITETÔNICO

O desenho da edificação será elaborado pelo autor, com auxílio do software Autocad Autodesk 2022.

O projeto arquitetônico do edifício foi definido como um centro comercial, com um formato simétrico entre as divisões das salas comerciais. Construído dentro de um terreno com medidas de 15 metros de largura x 30 metros de comprimento, em uma superfície plana.

O desenho para os dois modelos de edifício possuirá a mesma característica de formato e dimensão, apenas o tipo de material aplicado nos fechamentos dos vãos será diferente.

Abaixo as figuras apresentam os dois modelos de sistema construtivo.

Figura 9 – Projeto arquitetônico em alvenaria



Fonte: Do autor (2022)

Figura 10 – Projeto arquitetônico em structural glazing e drywall



Fonte: Do autor (2022)

A tabela a seguir apresenta as características dimensionais da edificação:

Tabela 1 – Dados da edificação

Largura (m)	Comprimento (m)	Altura (m)	Área / andar (m ²)	Altura pé direito (m)	Número de pavimentos
12	24	23,7	288	3,2	6

Fonte: Do autor (2022)

3.2 PARÂMETROS DO SISTEMA CONSTRUTIVO

Para maior clareza dos componentes que compõem a edificação nos dois sistemas construtivos, será apresentada a escolha e descrição técnica dos materiais aplicados.

3.2.1 Alvenaria

Como material de alvenaria de vedação, foi utilizado o bloco cerâmico vazado com furo horizontal conforme a ABNT NBR 15270: 2017 – Componentes cerâmicos – blocos e tijolos para alvenaria.

Tabela 2 – Dados do bloco cerâmico

Largura (cm)	Comprimento (cm)	Altura (cm)	Resistência a compressão (Mpa)	Peso (KN/m ²)
11,5	24	14	1,5	0,9

Fonte: Do autor (2022)

Para assentamento e revestimento dos blocos cerâmicos será usado argamassa conforme a ABNT NBR 13749: 2013 – Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas.

Tabela 3 – Dados da argamassa

Composição	Peso específico aparente (KN/m ³)	Espessura de revestimento por face (cm)
Cal, cimento e areia	19	1

Fonte: Do autor (2022)

3.2.2 Structural glazing

Como material de fechamento de vão externo, foi utilizado uma fachada pele de vidro padrão de mercado nacional.

Tabela 4 – Dados da fachada

Perfil coluna montado (mm)	Largura entre colunas e travessas (m)	Composição do vidro laminado (mm)	Peso (KN/m ²)
90 x 90	1,2	04 + 04	0,30

Fonte: Do autor (2022)

3.2.3 Drywall

Material utilizado como paredes de divisórias internas da edificação conforme a ABNT NBR 15758: 2009 – Sistemas construtivos em chapas de gesso para drywall – projeto e procedimentos executivos para montagem.

Tabela 5 – Dados da divisória em drywall

Espessura da parede (cm)	Espessura da chapa de gesso (cm)	Largura do montante (mm)	Peso (KN/m ²)
11,5	1,25	90	0,22

Fonte: Do autor (2022)

3.3 PARÂMETROS DO SOLO

Considerou-se o ensaio de SPT (standard test penetration), conforme a norma ABNT NBR 6484: 2020 – Solo – sondagem de simples reconhecimento com SPT – método de ensaios.

Tabela 6 – Dados do ensaio SPT

Tensão admissível do solo (Kgf/cm ²)	Tipo de solo	Nível de água (m)
2	Arenoso mediantemente compactado	8

Fonte: Do autor (2022)

3.4 PARÂMETROS DO CONCRETO

Como material de construção dos elementos fundação, pilares, vigas e lajes foi adotado o uso do concreto, conforme a norma ABNT NBR 12655: 2022 – Concreto de cimento Portland – preparo, controle, recebimento e aceitação – procedimento.

Tabela 7 – Dados do concreto

Descrição	Massa específica (Kg/m ³)	Classe de agressividade ambiental	Relação água cimento	Resistência característica Fck (Mpa)
Concreto de cimento portland	2500	III - Forte	≥ 0,55	30

Fonte: Do autor (2022)

Tabela 8 – Traço do concreto

Aglomerante hidráulico	Agregado miúdo	Agregado graúdo	Elemento de mistura
Cimento pozolânico CP-IV-32	Areia média	Brita 1 – 19mm	Água

Fonte: Do autor (2022)

3.5 PARÂMETROS DO AÇO

Como material de construção dos elementos fundação, pilares, vigas e lajes, foi adotado o uso do aço conforme a norma ABNT NBR 7480: 2022 – Aço destinado às armaduras para estruturas de concreto armado – requisitos.

Tabela 9 – Dados do aço

Descrição	Massa específica (Kg/m ³)	Resistência característica Fyk (Mpa)
CA-50	7850	500
CA-60	7850	600

Fonte: Do autor (2022)

3.6 PARÂMETROS DO PROJETO ESTRUTURAL

Para execução do cálculo estrutural, foi utilizado como referência as seguintes normas:

- a) ABNT NBR 6118: 2014 – Projeto de estruturas de concreto procedimentos;
- b) ABNT NBR 6120: 2019 – Ações para o cálculo de estruturas de edificação;
- c) ABNT NBR 6122: 2022 – Projeto e execução de fundações;
- d) ABNT NBR 6123: 1988 – Forças devidas ao vento em edificações;

3.7 EXECUÇÃO DO CÁLCULO ESTRUTURAL

Para a execução do cálculo estrutural, foi usado o software Multicalc V10. Sua configuração e parametrização permitem o uso das principais normas brasileiras ABNT NBR para serem selecionadas e aplicadas durante o processo de cálculo.

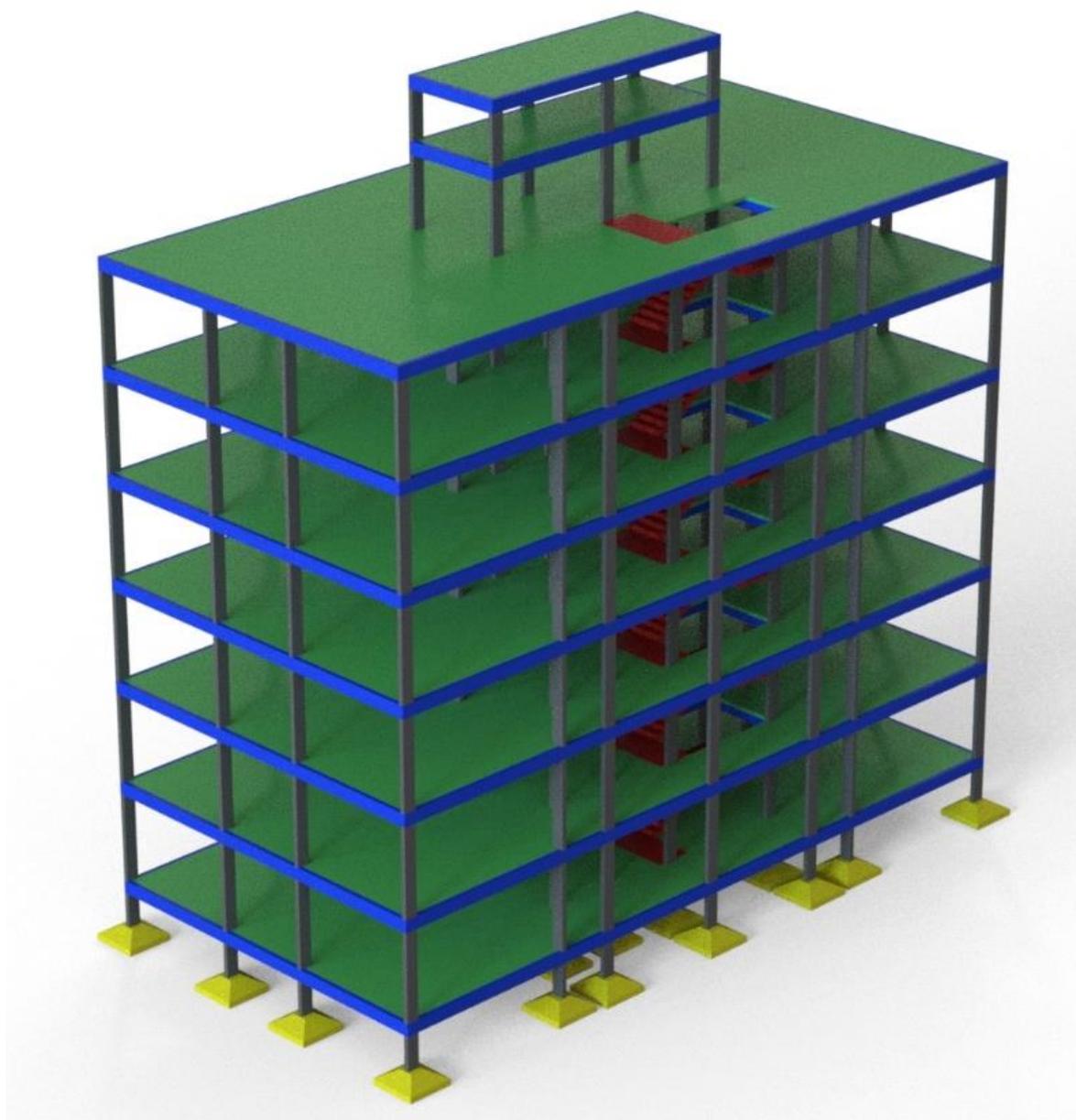
O processo de cálculo consiste em seguir as seguintes etapas:

- a) Alocação dos pilares, vigas e lajes (lançamento da estrutura);
- b) Determinação das cargas;
- c) Execução do cálculo.

3.8 PROJETO DO LANÇAMENTO DA ESTRUTURA

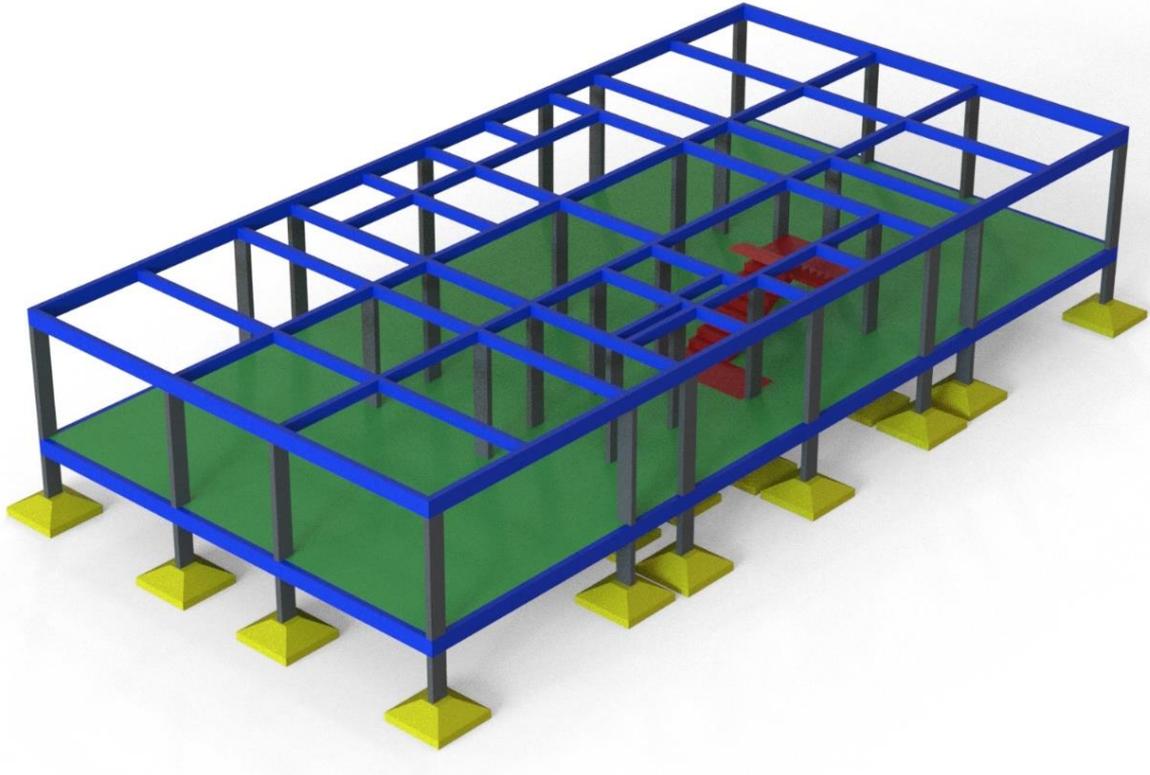
Tem como objetivo posicionar os elementos estruturais da edificação, buscando obter a melhor geometria resistente aos esforços solicitantes das cargas da edificação. A partir do lançamento da estrutura, realiza-se a execução do cálculo. Com base nos resultados obtidos, é possível verificar se o lançamento da estrutura ficou de acordo com a necessidade da edificação.

Figura 11 – Lançamento da estrutura da edificação



Fonte: Do autor (2022)

Figura 12 – Lançamento da estrutura por pavimentos



Fonte: Do autor (2022)

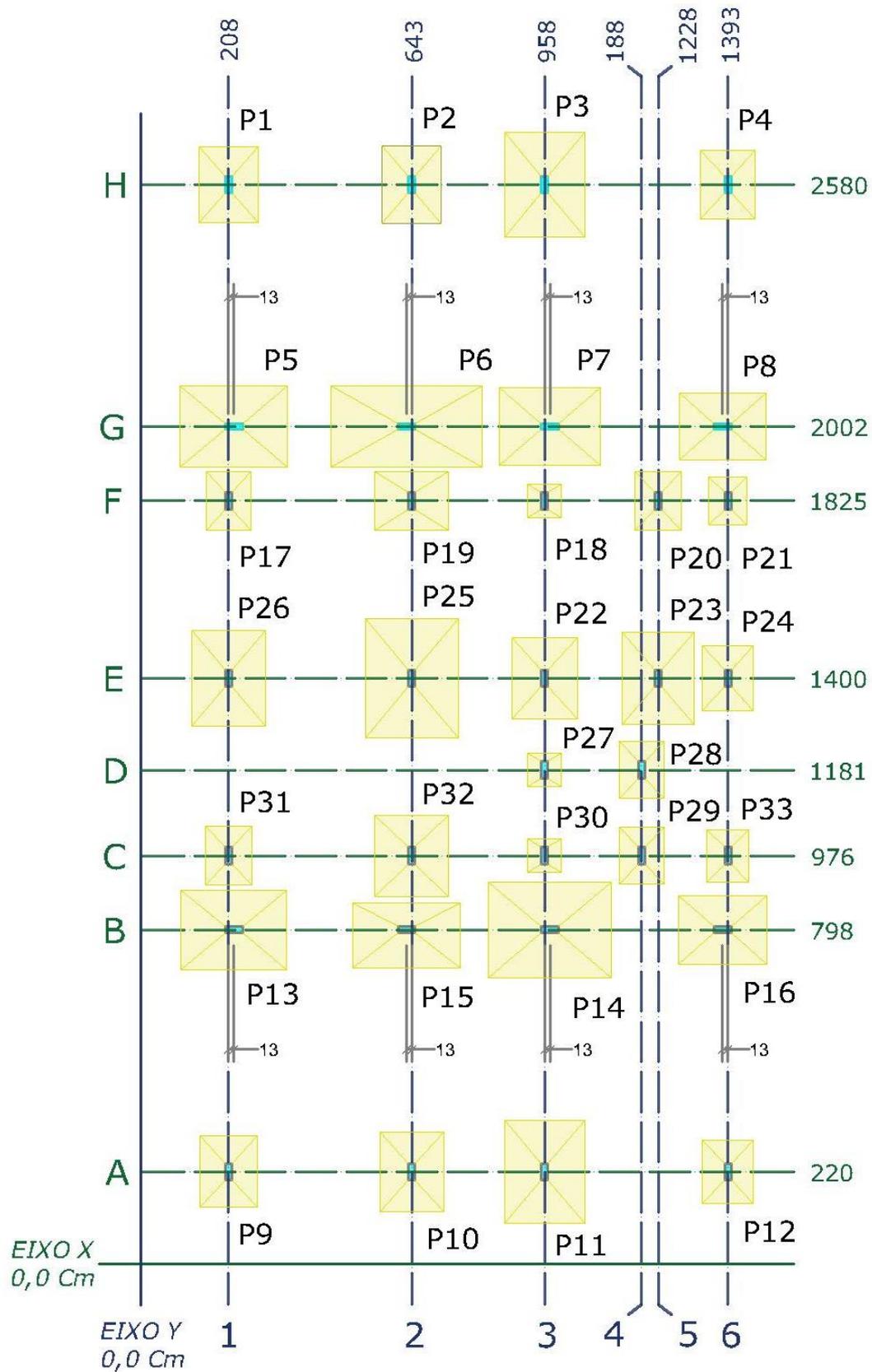
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise e comparação dos resultados foram extraídos do relatório de cálculo do software Multicalc V10 e, através dele, criaram-se tabelas com valores para a visualização mais detalhada dos comparativos.

4.1 COMPARAÇÃO DE CARGAS NA FUNDAÇÃO

A fundação tem por objetivo transmitir as cargas da construção ao solo, onde todas as cargas atuantes nos elementos estruturais como lajes, vigas e pilares são transmitidas diretamente às sapatas.

Figura 13 – Planta de localização das sapatas



Para a comparação das diferenças de cargas atuantes nos dois sistemas construtivos, vamos analisar a seguinte tabela:

Tabela 10 – Comparação de cargas na fundação

N° Pilar	Alvenaria	Drywall e structural glazing	Comparação	Comparação
	Carga (Ton)	Carga (Ton)	Carga (Ton)	Carga (%)
P1	44,38	34,79	9,59	27,57
P2	45,83	36,56	9,27	25,36
P3	84,71	83,32	1,39	1,67
P4	37,54	37,89	-0,35	-0,92
P5	89,77	75,03	14,74	19,65
P6	176,67	170,95	5,72	3,35
P7	78,79	70,30	8,49	12,08
P8	57,6	59,77	-2,17	-3,63
P9	40,41	24,16	16,25	67,26
P10	50,01	34,36	15,65	45,55
P11	82,97	75,75	7,22	9,53
P12	31,5	25,73	5,77	22,43
P13	85,11	64,08	21,03	32,82
P14	197,59	185,53	12,06	6,50
P15	90,46	76,57	13,89	18,14
P16	61,78	57,96	3,82	6,59
P17	25,82	23,55	2,27	9,64
P18	5,72	10,91	-5,19	-47,57
P19	70,35	68,24	2,11	3,09
P20	27,45	26,18	1,27	4,85
P21	18,51	15,53	2,98	19,19
P22	54,02	54,78	-0,76	-1,39
P23	65,76	60,99	4,77	7,82
P24	33,56	29,79	3,77	12,66
P25	111,69	105,74	5,95	5,63
P26	71,47	60,78	10,69	17,59
P27	48,71	47,149	1,52	3,22
P28	24,94	24,11	0,83	3,44
P29	24,91	23,14	1,77	7,65
P30	1,75	1,75	0	0,00
P31	26,11	23,39	2,72	11,63
P32	70,17	67,75	2,42	3,57
P33	21,42	23,01	-1,59	-6,91
Carga total	1957,48	1779,58	177,9	10,00

Fonte: Do autor (2022)

Conforme a tabela apresentada, o resultado chegou a uma redução de 177,90 Ton, equivalente a 10% do carregamento total da edificação.

4.2 COMPARAÇÃO DE QUANTITATIVOS DE AÇO E CONCRETO

Como podemos observar na tabela anterior, existe uma diferença considerável de carga na fundação entre os dois sistemas construtivos. Para o dimensionamento dos elementos estruturais, as cargas solicitantes interagem diretamente no cálculo dimensional das peças, lajes, vigas, pilares e fundação.

Para a comparação das diferenças de quantitativos de aço e concreto, vamos analisar a seguinte tabela:

Tabela 11 – Comparação de quantitativos de aço e concreto

	Alvenaria	Drywall e structural glazing	Comparação	
Quantitativo de concreto (m³)	345,03	334,36	10,67	3,19 %
Quantitativo de aço (Kg)	26.749	23.790	2.959	12,44 %

Fonte: Do autor (2022)

Na comparação de quantitativos de aço e concreto na estrutura de concreto armado da edificação, o cálculo apresentou uma redução de 2.959 Kg de aço, equivalente à 12,44%, e 10,67m³ de concreto, equivalente à 3,19% do volume total da obra.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo buscou comparar as cargas na fundação e quantitativo de aço e concreto de dois edifícios de 6 pavimentos construídos em alvenaria comum versus structural glazing e drywall. Pudemos analisar, através dos resultados obtidos que, a aplicação de materiais leves para paredes de vedação, comparado com a alvenaria convencional de blocos cerâmicos com revestimento em argamassa, proporciona uma redução significativa de carga na fundação.

Os elementos estruturais que tiveram maior redução dos quantitativos de aço e concreto foram os pilares e a fundação, sendo estes, os elementos que recebem o peso acumulado dos pavimentos. Entretanto, as lajes e vigas não tiveram redução de quantitativos de aço e concreto, pois o lançamento da estrutura foi definido com vãos entre vigas com, no máximo, 5 metros de distância. Além do mais, as lajes e vigas suportam somente as cargas provenientes de cada pavimento, não sendo suficientes para a alteração do dimensionamento dos elementos estruturais.

Por fim, conclui-se que o emprego de materiais leves aplicados nas edificações gera menor peso próprio, menos carga nas fundações, possibilitam estruturas mais leves e economia na obra.

Sugere-se para pesquisas futuras:

- a. Comparar cargas na fundação com números maiores de pavimentos;
- b. Verificar a redução do número de estacas com fundação em estacas;
- c. Aumentar os tamanhos dos vãos entre vigas para comparar os quantitativos de aço e concreto nas vigas e lajes.

REFERÊNCIAS

ABNT. ABNT NBR 6118: Projetos de estrutura de concreto: procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ARAÚJO, V. **Fachadas pele de vidro e glazing**. São Paulo: Alumibras, 2018. E-book.

Disponível em:

https://ler.amazon.com.br/reader?asin=B07JMH9T4G&_encoding=UTF8&ref=dbs_p_ebk_r00_pbc_rnvc00. Acesso em: 02 jun. 2022.

ARCHIPRODUCTS. **Schuco SFC 85 By Schuco**. 2022. Disponível em:

https://www.archiproducts.com/pt/produtos/schuco/fachada-estrutural-envidracada-schuco-sfc-85_34099. Acesso em: 28 maio 2022.

BARBOSA, I. C. A.; GRANJA, A. D.; OLIVIERI, H. **A gestão da inserção de tecnologia e inovação em empresas construtoras: um mapeamento sistemático de literatura**. In:

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 11., 2019, Londrina. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2019. Disponível em:

<https://www.antaceventos.net.br/index.php/sibragec/sibragec2019/paper/view/425>. Acesso em: 02 jun. 2022.

CAMARGO, D. L. Q.; PEREIRA, K. L. Utilização de bambu como elemento sustentável na arquitetura e construção civil. **Engineering Sciences**, v.9, n.2, p.163 173, 2021. DOI:

<http://doi.org/10.6008/CBPC2318-3055.2021.002.0014>. Disponível em:

<https://sustenere.co/index.php/engineeringsciences/article/view/5871/3203>. Acesso em: 02 jun. 2022.

CERÂMICA Roque. **Alvenaria vedação horizontal**. 2019. Disponível em:

<https://www.ceramicaroque.com.br/web/produto/bloco-tijolo-vedacao-14-cm/bloco-tijolo-vedacao-14x19x29-cm-bloco-inteiro>. Acesso em: 27 maio 2022.

CLIMA online temperaturas. **Foto 118: palácio do planalto: Brasília, DF**. 2022. Disponível em: <https://climaonline.com.br/brasil-df/foto/palacio-do-planalto-brasil-df-118-3970>.

Acesso em: 29 maio 2022.

COELHO, R. S. de A. **Concreto armado na prática**. São Luiz: UEMA, 2008. Disponível em:

<https://www.editorauema.uema.br/wp-content/uploads/files/2018/02/livro-concreto-armado-na-pratica-ronaldo-sergio-1519142039.pdf>. Acesso em: 02 jun. 2022.

COIMBRA, M. A.; MORELLI, M. R. Desenvolvimento de argamassas microporosas para a construção civil. **Scientific electronic library online**, 1999. DOI:

<https://doi.org/10.1590/S0366-69131999000600008>. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/ce/a/mp3m4CG7p79zhhyss6D3bvR/abstract/?lang=pt#>. Acesso em: 02 jun. 2022.

COSTA, E. B.; SILVA, T. A.; BOMBONATO, F. apresentando o drywall em paredes, forros e revestimentos. **Anais do 12º Encontro Científico Cultural Interinstitucional**, 2014. Disponível em: <https://www.fag.edu.br/upload/ecci/anais/55953b6667236.pdf> Acesso em: 02 jun. 2022.

DINIZ, C. W. S.; LAGES, E. N.; BARBOZA, A. S. R. Estabilidade global de sistemas estruturais de edifícios considerando a ligação viga-pilar parede. **Revista Ibracon de estruturas e materiais**, v.12, n.4, p.705 737, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1983-41952019000400002>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/riem/a/zkJHP97znR4Hqf5wp4WQrWS/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 02 jun. 2022.

FABRICIO, M. M. industrialização das construções: revisão e atualização de conceitos. **Pós FAUUSP**, v.20, n.33, p.228 248, 2013. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2317-2762.v20i33p228-248>. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/posfau/article/view/80930/84572>. Acesso em: 02 jun. 2022.

FLICKR. **Equitable Building Portland OR**. 2022. Disponível em: <https://www.flickr.com/photos/26746351@N00/3945180461/in/photostream/>. Acesso em: 29 maio 2022.

KOSHIMA, A. **Fundações: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de texto, 2019. Disponível em: http://ofitexto.arquivos.s3.amazonaws.com/de gustacao/fundacoes-teoria-e-pratica_deg.pdf. Acesso em: 02 jun. 2022.

OMSI. **Structural glazing**. 2022. Disponível em: <https://omsigroup.com/products/structural-glazing/>. Acesso em: 27 maio 2022.

PENHA, R. L. S.; LUPEPSA, V. Z. **Vantagens e desvantagens do drywall (gesso acartonado) na construção civil sobre o método de alvenaria convencional**. 2020. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em engenharia civil) – Unipar, Guaíra, 2020. Disponível em: <https://tcc.unipar.br/files/tccs/db0e33a618a532a5105efe400ca01468.pdf>. Acesso em: 02 jun. 2022.

PORTAL metálica construção civil. **Paredes duplas de drywall**. 2022. Disponível em: <https://metalica.com.br/paredes-duplas-de-drywall-2>. Acesso em: 28 maio 2022.

PORTO, T. B.; FERNANDES, D. S. G. **Curso básico de concreto armado**. São Paulo: Oficina de texto, 2015. Disponível em: <http://souexatas.eng.br/wp-content/uploads/2017/08/CURSO-B%C3%81SICO-DE-CONCRETO-ARMADO.pdf>. Acesso em: 02 jun. 2022.

RESERARCHGATE. **Racionalização de alvenaria de vedação de blocos cerâmicos**. 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/347978496_RACIONALIZACAO_DE_ALVENARIA_DE_VEDACAO_DE_BLOCOS_CERAMICOS. Acesso em: 27 maio 2022.

SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia**. 1989. Tese (doutorado em engenharia civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.

SIGNUS divisórias e drywall. **Parede / divisórias em drywall**. 2022. Disponível em: <https://signusdivisorias.com.br/servico/parede-divisorias-em-drywall>. Acesso em: 28 maio 2022.

SOUSA, R. C. R.; LIMA, D. P.; SILVA, M. D. R. T. A. Avaliação de desempenho de concreto leve com adição de Poliestireno Expandido (EPS). **Engineering Sciences**, v.8, n.3, p.45-52, 2020. DOI. <http://doi.org/10.6008/CBPC2318-3055.2020.003.0005>. Disponível em: <https://sustenere.co/index.php/engineeringsciences/article/view/CBPC2318-3055.2020.003.0005/2336>. Acesso em: 02 jun. 2022.

TAUIL, C. A.; NESE, F. J. M. **Alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2010. Disponível em: <https://engucm.files.wordpress.com/2017/12/alvenaria-estrutural.pdf>. Acesso em: 02 jun. 2022.

THOMAZ E.; *et al.* **Código de práticas n°1: alvenaria de vedação em blocos cerâmicos**. São Paulo: IPT – instituto de pesquisa tecnológicas, 2009. Disponível em: http://www.ipt.br/projeto/2-codigos_de_praticas_na_construcao_civil.htm. Acesso em: 02 jun. 2022.