

ANÁLISE DE IMPACTO ESTRUTURAL OCASIONADO PELA SUBSTITUIÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS POR BLOCOS DE CONCRETO CELULAR AUTOCLAVADOS EM EDIFICAÇÃO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS EXECUTADA EM CONCRETO ARMADO

Jonathan Charles Lucas Martins Almeida Siqueira, jonathanmartins16@hotmail.com¹

Vinicius Wilk Bezerra Rezende, vinicius.wilk13@gmail.com¹

Heriston Rodrigues, heriston.rodrigues@ifmg.edu.br¹

(1) Instituto Federal de Minas Gerais, Av. Minas Gerais, 5189, Bairro Ouro Verde – Governador Valadares, MG

RESUMO

Este artigo teve como objetivo avaliar o impacto causado pela alteração do método construtivo de vedações tradicionais, como o bloco cerâmico, para o bloco de concreto celular autoclavado nas estruturas de concreto armado com função residencial de múltiplos pavimentos na cidade de Governador Valadares, Minas Gerais. Com base no uso das normas técnicas brasileiras, o artigo visou apresentar o referencial teórico e a base de sustentação para o estudo do tema apresentado, assim dimensionando os elementos estruturais bem como as suas fundações para os carregamentos correspondentes. Como resultado foram obtidas variações consideráveis em termos de concreto, aço e forma, bem como uma redução na carga média do edifício comparando os dois métodos de análise. Os resultados obtidos nesse estudo, por meio de gráficos, demonstram o percentual de redução alcançado para os quantitativos de aço, concreto e formas.

Palavras-chave: Racionalização. Métodos Construtivos. Modelagem Estrutural. Análise de Cargas.

STRUCTURAL IMPACT ANALYSIS CAUSED BY REPLACING CERAMIC BLOCKS WITH CONCRETE BLOCKS AUTOCLAVEDS CELL PHONE IN MULTIPLE BUILDINGS FLOORS MADE IN REINFORCED CONCRETE

ABSTRACT

This article aimed to measure the impact caused by changing the construction method from traditional masonry walls, such as ceramic blocks, to autoclaved cellular concrete blocks in reinforced concrete structures with multiple floors residential buildings in the city of Governador Valadares, Minas Gerais. Based on Brazilian technical standards, the article aimed to present the theoretical framework and support base for the study of the topic presented, sizing the structural elements as well as their foundations for the corresponding loads. As a result, considerable variations were obtained in terms of concrete and steel, as well as a significant reduction in the average building load comparing the two analysis methods. The results that were obtained in this study shows, through graphics, the reduction percentage achieved of concrete, steel and wooden shapes.

Keywords: Rationalization. Constructive Methods. Structural Modeling. Load Analysis.

1 INTRODUÇÃO

A racionalização, descrita por Costa e Franco (1996), como o meio de aumentar a eficiência, tendo como foco a produtividade, evitando perdas financeiras e de materiais, vem sendo o foco de diversas empresas do setor.

Para fins de vedação das construções executadas com estruturas de concreto armado destaca-se o uso dos blocos cerâmicos. Contudo, o seu processo executivo é muito artesanal, demandando tempo e gerando muito desperdício nos canteiros de obras. Conforme Witzke (2017) os blocos cerâmicos oferecem benefícios reduzidos ao usuário final, levam mais tempo para serem executados, e demandam um custo total de mão de obra maior.

Dentro deste contexto, fez-se necessário compreender e analisar a aplicação de novos materiais que otimizem o processo construtivo e tragam vantagens à construção civil. E, dentre os materiais disponíveis no mercado, destaca-se o Bloco de Concreto Celular Autoclavado (BCCA) para fins de vedação, trazendo vantagens e benefícios às obras.

Portanto, este artigo teve como finalidade a realização de uma análise sobre o impacto que os BCCA geram, em termos de economia de materiais nas estruturas de concreto armado, quando aplicados em edifícios residenciais de pequeno porte, com base na utilização das normas técnicas brasileiras, para comparação dos carregamentos sobre a estrutura, dimensionando os elementos e a fundação dessa construção.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Bloco de alvenaria cerâmica

Segundo Parsekian e Soares (2010), o bloco cerâmico é um produto de argila muito utilizado na construção civil devido às suas características como durabilidade, resistência, estabilidade dimensional e facilidade de produção. Em decorrência de tais fatores, apresenta dimensões e características adequadas para a construção de paredes portantes e não portantes, muros e outras obras similares.

Segundo Viana e Alves (2013), os principais benefícios da utilização de blocos cerâmicos como material de vedação em comparação com sistemas inovadores são sua longa durabilidade, custo unitário reduzido, fabricação simplificada, capacidade de isolamento térmico e acústico, além da facilidade de instalação sem necessidade de mão de obra especializada. Ainda de acordo Viana e Alves (2013), é importante mencionar que os blocos

cerâmicos apresentam algumas desvantagens, como o peso considerável, maior tempo de execução, geração de resíduos e desperdício de materiais.

Bianchini (2017), complementa que o bloco cerâmico é associado ao baixo valor de mercado e lembrado por sua grande disponibilidade em território nacional, sendo um material extremamente usual nas obras. Além disso, destaca-se a facilidade de acesso aos blocos cerâmicos, tanto em termos de fornecimento quanto de distribuição, devido à sua ampla produção e presença em diversas regiões do país. Essa disponibilidade abundante contribui para a popularidade do bloco cerâmico como uma opção viável e acessível para projetos de construção e vedação.

2.2 Bloco de concreto celular autoclavado (BCCA)

Segundo dados fornecidos pela DVG Sical, os BCCA são reconhecidos por possuírem uma produção sustentável, devido ao reaproveitamento da água e de todo o resíduo gerado no processo fabril (NORMA DE DESEMPENHO ABNT NBR 15.575:2013 - MANUAL COMPLETO PARA BLOCOS CCA DVG SICAL PRIMEIRA EDIÇÃO, 2021). Durante a execução dos sistemas de alvenaria, oferece uma alta economia na eliminação de perdas e, consequentemente, na geração de entulho, sendo possível tender à zero perdas.

O concreto celular autoclavado, de acordo com a norma NBR 13438 – Blocos de concreto celular autoclavado, é um concreto leve, obtido através de um processo industrial, constituído por materiais calcários (cimento, cal ou ambos) e materiais ricos em sílica, granulados finamente. O concreto celular autoclavado contém células fechadas, aeradas e uniformemente distribuídas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021).

O BCCA é incombustível e oferece resistência ao fogo superior aos blocos convencionais, possuem um baixo índice de condutibilidade térmica, além de não sofrerem degradação ou alteração de sua composição ao longo dos anos. No que se refere à resistência térmica, uma parede de 10 cm de concreto celular equivale a uma de 25 cm de bloco cerâmico ou a uma de 30 cm de bloco de concreto (RIPPER, 1995).

Segundo Piroli (1985), os blocos podem ser facilmente cortados com serrote, possibilitando o aproveitamento das partes restantes. Podem ser escarificados e furados para instalações embutidas. Os BCCA, quando comparados aos blocos cerâmicos convencionais, proporcionam economia de argamassa de assentamento, redução no consumo de argamassa de revestimento e consequentemente uma redução no peso da estrutura.

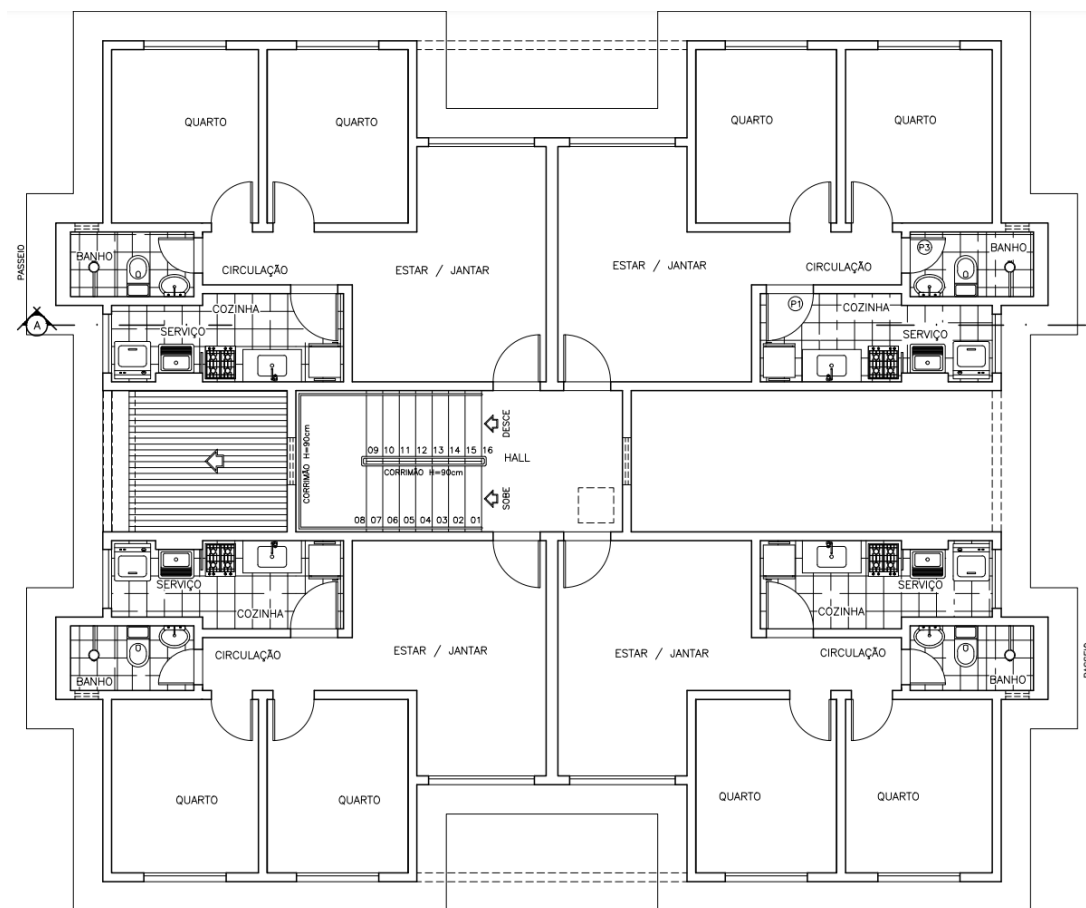


Figura 2 – Planta Baixa Pavimentos.
Fonte: Construtora X (2020).

3.3 Escolha do Software:

Para o estudo da estrutura e seu dimensionamento, a escolha do *software* a ser adotado foi de grande importância. Dentre os principais *softwares* de dimensionamento estrutural do mercado brasileiro, foi escolhido o TQS, da empresa TQS Informática LTDA, sendo o único com licença estudantil gratuita e que possibilita um salvamento das informações adotadas e a geração de plantas, além de ser um programa utilizado para diversos tipos de estruturas, dentre elas as de edificações prediais.

3.4 Concepção estrutural do projeto:

A metodologia utilizada neste trabalho baseou-se na comparação dos projetos estruturais otimizados com a diferenciação das vedações e as suas respectivas cargas normativas. Na primeira proposta adotada foram utilizados os blocos cerâmicos para

fechamento de divisões internas e externas, enquanto na segunda, as vedações foram compostas por BCCA.

Na proposta 01 foram adotados blocos cerâmicos de 9x19x29cm para fechamentos e divisórias internas e 14x19x29cm para áreas externas e divisões entre apartamentos, enquanto na proposta 02 foram utilizados blocos autoclavados de 10x30x60cm para ambientes internos e 15x30x60cm para externos e divisões de apartamentos.

O processo de elaboração do projeto estrutural em concreto armado tem como etapa básica a definição de critérios de durabilidade e avaliação com relação ao uso da estrutura. Tendo em vista que a construção proposta encontra-se em um contexto urbano, adotou-se a classe de agressividade ambiental II (CAA-II) e suas respectivas indicações quanto aos cobrimentos sendo para lajes 25 mm, vigas 30 mm, pilares 30 mm e fundações 30 mm, observando ainda condições específicas, como por exemplo trechos em que os pilares estão em contato com o solo, e por isso indica-se um cobrimento de 45 mm. Estabeleceu-se também uma resistência característica para o concreto de 30 MPa que, além de atender ao mínimo recomendado para CAA-II, é uma resistência indicada para o uso em edificações semelhantes às de mesmo porte da construção analisada. Já em relação ao valor do módulo de elasticidade do concreto, o mesmo pode variar de acordo com diversos fatores, tais como a idade do concreto; o tipo e a proporção dos materiais empregados na sua produção; a taxa de carregamento; entre outros. Para Governador Valadares, devido às características dos materiais locais utilizados na produção do concreto, e as condições ambientais específicas da região, foi adotado um módulo de elasticidade de 23.000 MPa.

Além desses critérios adotados, foram estabelecidos, conforme projeto arquitetônico, a utilização do pé direito máximo de 2,80 m para os pavimentos tipo e 3,70 m para o reservatório/barrilete. Adicionalmente, optou-se pela adoção de lajes treliçadas bidirecionais pela sua capacidade de vencer grandes vãos com menor altura, além de um peso próprio reduzido em relação as lajes maciças em concreto armado.

Segundo a NBR 6120 (ABNT, 2019) as cargas para as alvenarias de blocos cerâmicos vazados são de 1,6 kN/m² para blocos de 9x19x29cm e de 1,9 kN/m² para blocos de 14x19x29cm, sendo os dois carregamentos considerando 2 cm de espessura de revestimento por face. Já para os blocos BCCA as cargas para as alvenarias em BCCA são de 0,6kN/m² para blocos de 10x30x60cm e de 0,9kN/m² para os blocos de 15x30x60cm. Contudo, as considerações foram realizadas e validadas por meio do manual de desempenho da fabricante DVG Sical, que dispensam o uso de chapisco, emboço e reboco em determinados ambientes e

situações, fato este que pode ser observado na composição das alvenarias apresentado no Quadro 01.

Tabela 1- Resumo de cargas alvenaria BCCA.

Composição da alvenaria	Espessura (cm)	Espessura Total (cm)	Carga (kN/m²)
Gesso – Bloco – Gesso	1 + 10 + 1	12	0,90
	1 + 15 + 1	17	1,20
Gesso – Bloco – Reboco	1 + 10 + 2	13	1,13
	1 + 15 + 2	18	1,43
Reboco – Bloco – Reboco	2 + 10 + 2	14	1,36
	2 + 15 + 2	19	1,60

Fonte: Autores (2023).

A consideração das cargas permanentes seguiu a especificação da utilização dos espaços apresentada pelo projeto arquitetônico, sendo elas 0,08 kN/m² para a cobertura do reservatório (Impermeabilização), 0,08 kN/m² para o reservatório (Impermeabilização do barrilete), 0,30 kN/m² para as demais lajes no nível do reservatório (Telhas metálicas em alumínio e estrutura metálica de aço), 1,25 kN/m² para as regiões de banheiro e área de serviço (Forro acrescido de revestimento) e por fim para as demais áreas 1,00 kN/m² (Revestimento).

As cargas variáveis consideradas no projeto da estrutura deste edifício foram de 1,00 kN/m² para a cobertura do reservatório, 1,00 kN/m² para as demais lajes no nível do reservatório, 1,5 kN/m² para o barrilete, 2,00 kN/m² para a área de serviço e 1,50 kN/m² para as demais áreas, sendo todas essas retiradas das normas técnicas. Também foram consideradas as cargas de vento no projeto estrutural e na análise de estabilidade da edificação, sendo considerada a velocidade básica do vento para a região de Governador Valadares de 30 m/s, fator do terreno S1 de 1,00, categoria de rugosidade III (terrenos planos ou ondulados com obstáculos), fator S2 com classe da edificação A (com sua maior dimensão sendo menor do que 20m) e fator estatístico S3 de 1,00 (edificações em geral). Com isso foram adotados coeficientes de arrasto de 1,11 (para 90° e 270°) e 1,04 (para 0° e 180°). Tais fatores visam garantir que a estrutura seja capaz de resistir às forças do vento sem sofrer danos ou colapsar, sendo essas estabelecidas pelo *software* TQS, com base nas dimensões do edifício.

Para as caixas d'água foram consideradas uma carga de 9,6 kN/m², totalizando seis unidades no sistema, com 750 litros cada uma. Com base nessas cargas especificadas, uma

análise detalhada da estrutura foi conduzida, resultando no redimensionamento de seus elementos.

No dimensionamento das fundações para ambos os modelos, BCCA e cerâmico, foi adotado o modelo de fundação direta, com a utilização de sapatas e admitido como base um solo com uma tensão admissível de $1,5 \text{ kgf/cm}^2$. Este parâmetro foi avaliado, garantindo a segurança e estabilidade das estruturas em questão. Ademais, as cargas específicas inerentes a cada concepção foram rigorosamente analisadas e incorporadas ao processo de dimensionamento, resultando em fundações robustas e adequadas para suportar as demandas impostas por cada modelo. Além disso, quando necessário, procedeu-se ao redimensionamento das fundações, assegurando que elas estivessem perfeitamente alinhadas com os carregamentos aplicados, promovendo assim um efeito comparativo entre os dois modelos.

4 RESULTADOS

4.1 Processamento do modelo estrutural

A partir da concepção estrutural, baseada no projeto arquitetônico, ocorreu o processamento dos componentes da estrutura baseada nos dois modelos, com os carregamentos anteriormente apresentados. As figuras 3A e 3B ilustram o corte e a planta de formas, na qual é destacada a análise estrutural adotada.

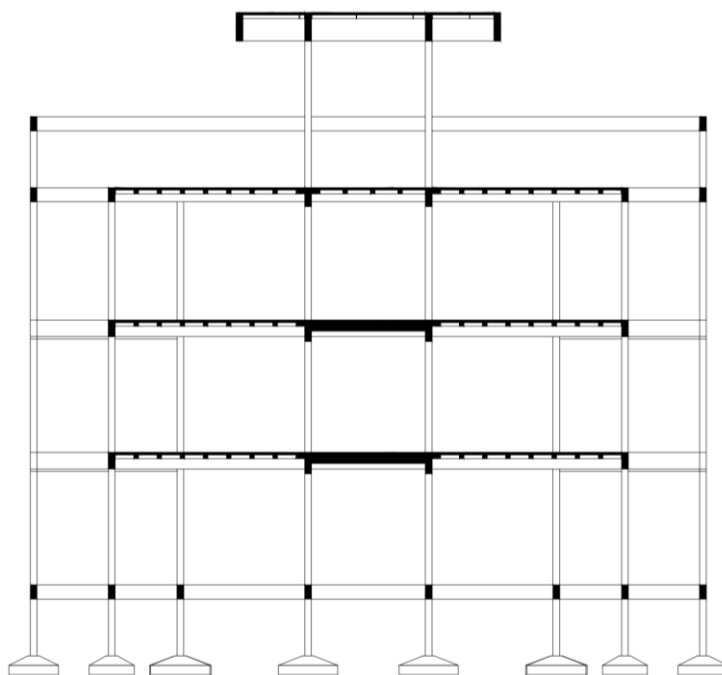


Figura 3A – Corte da estrutura.
Fonte: Autores (2023).

questão, foi identificada uma variação de aproximadamente 12,7% de concreto considerando somente fundação, e cerca de 1% na média geral do volume de concreto necessário (considerando todos os elementos presentes na estrutura do edifício), e uma variação de cerca de 6,30% no volume de formas, como ilustrado na figura 4.

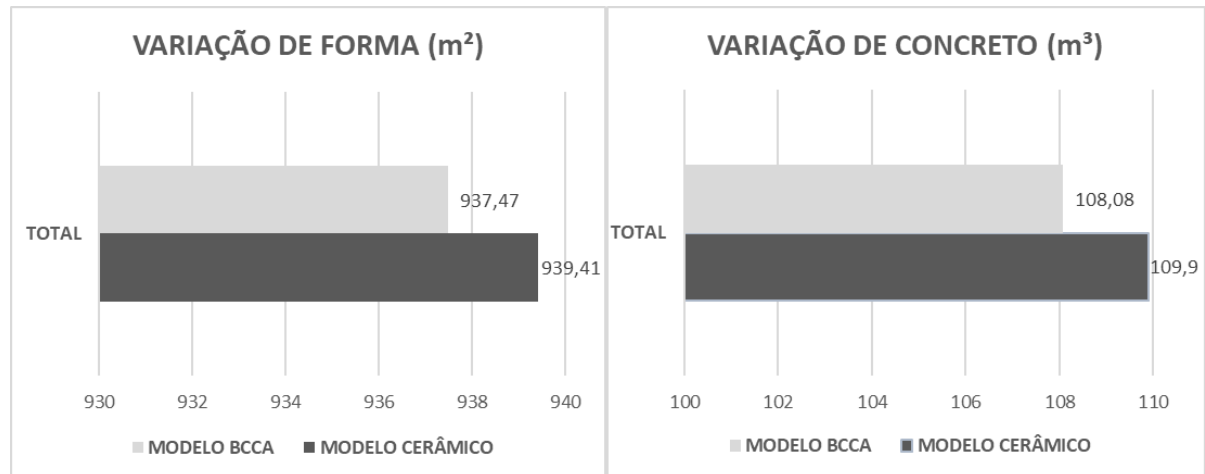


Figura 4 - Dados sobre a variação de forma e concreto.
Fonte: Autores (2023).

Devido ao estabelecimento de uma planta de formas ideal padrão, conforme mencionado anteriormente, as variações encontradas no volume de concreto e quantidade de formas se devem única e exclusivamente pela diminuição das cargas atuantes nas fundações e consequentemente na diminuição de suas dimensões e quantidades de aço necessária.

Durante a extração dos quantitativos de aço, foi possível notar uma diferença de 4,78% em comparação do modelo cerâmico com o modelo BCCA, como apresentado através da figura 5, diferença essa, que pode ser associada ao método executivo, e a ausência da utilização do reboco e emboço, técnicas necessárias para as vedações de bloco cerâmico.

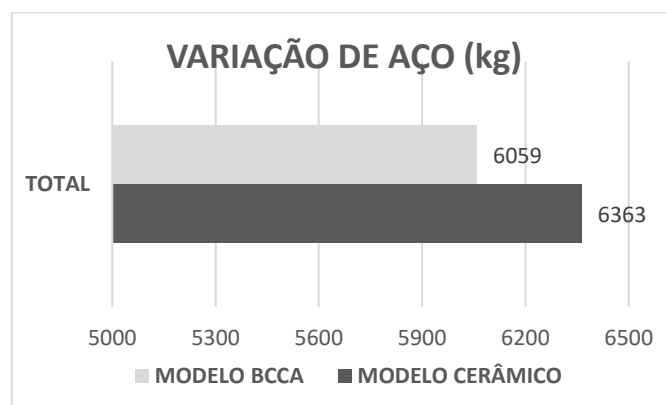


Figura 5 - Dados sobre a variação de aço.
Fonte: Autores (2023).

A variação do uso de aço é um fator crucial na determinação da eficiência e custo de projetos de construção. É apresentado, por meio da figura 6, uma análise detalhada da variação de aço entre os dois tipos de blocos (BCCA e cerâmicos) em relação a cada um dos elementos estruturais.

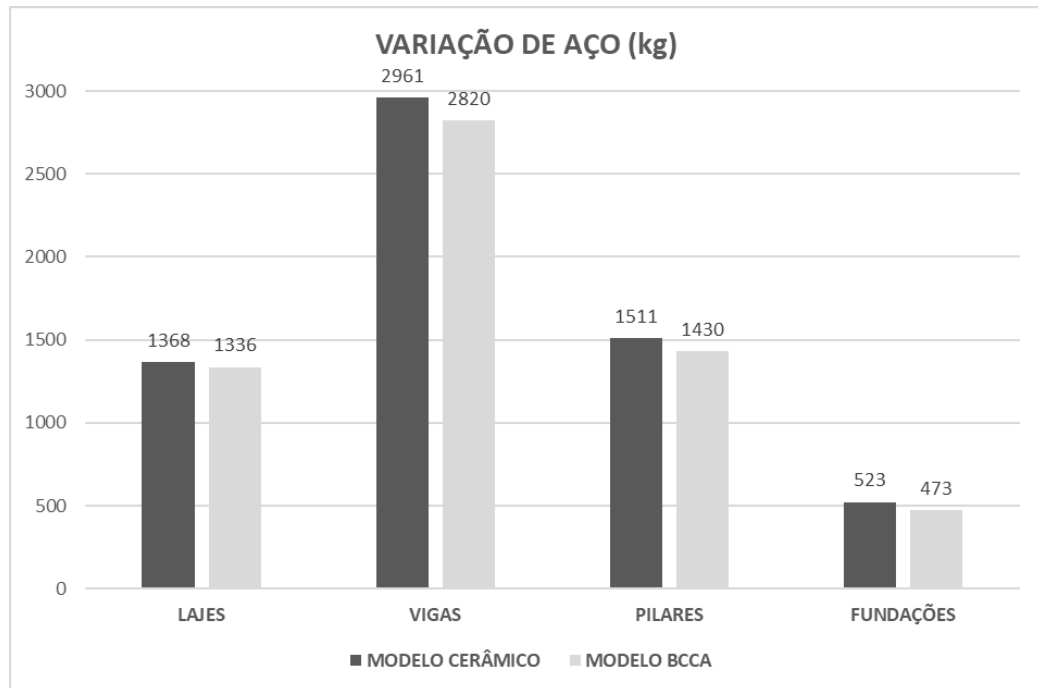


Figura 6 - Dados sobre a variação de aço por elemento estrutural.
Fonte: Autores (2023).

Os resultados revelam diferenças na variação de aço entre as duas estruturas. Ao analisar tal discrepância em detalhes e segmentá-la em quatro categorias-chave, foi verificado que as lajes apresentam uma variação de 2,34%, enquanto as vigas exibem uma variação de 4,76%. Além disso, os pilares registram uma variação de 5,35%, e as fundações revelam uma diferença significativa de 9,56% em relação ao modelo cerâmico de carga superior.

De acordo com Minotto e Vargas (2011), através de uma análise da influência de diferentes sistemas de vedação vertical no custo final de uma estrutura em concreto armado, foi identificado uma redução de 4,53% no quantitativo de aço para as armaduras necessárias, comparando os métodos cerâmicos e BCCA, bem como uma redução de 1,92% em concreto para a execução da estrutura. Tais dados obtidos pelos autores demonstram variações de - 0,25% e + 0,92%, respectivamente, em relação aos demonstrados no presente artigo, que podem ser aplicados e aprofundados de forma eficaz no âmbito da construção civil.

5 CONCLUSÃO

No presente estudo foi desenvolvido um modelo comparativo com a mesma composição estrutural para análise da variação do quantitativo de insumos pela alteração do método de vedações.

A composição estrutural foi otimizada para a obtenção dos valores de cálculo real das armaduras e dos demais insumos, de forma a garantir resultados. Na análise, foram encontradas diferenças nos valores, demonstrando assim, que a utilização dos blocos BCCA causam impactos significativos na estrutura.

O sistema estrutural desenvolvido atende todas as considerações da norma NBR 6118 (ABNT, 2014), e pode ser utilizado como referência para a aplicação do mesmo método para estudos com edificações de tamanho superior ou de outras finalidades, com enfoque em economias e otimização dos serviços no canteiro de obras.

Portanto, é possível afirmar que a utilização de blocos de concreto celular autoclavado nas estruturas de concreto armado em múltiplos pavimentos causa interferência nos elementos de sustentação da estrutura, trazendo alívio à mesma e consequentemente reduzindo os gastos com insumos (aço, concreto e forma).

Diante da redução significativa dos materiais identificada neste estudo, torna-se necessário considerar a aplicação desses resultados em outras edificações, a fim de avaliar a viabilidade não apenas em termos financeiros, mas também em relação à sustentabilidade e eficiência construtiva.

A extensão deste estudo para diferentes projetos e contextos pode oferecer uma compreensão mais abrangente do potencial benefício e das implicações da adoção dos blocos BCCA e métodos alternativos de vedação, promovendo práticas construtivas mais eficientes no âmbito da engenharia civil e ampliando as economias nas construções.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Ações para o cálculo de estruturas de edificações - NBR 6120:2019**. Rio de Janeiro. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de concreto - Procedimento - NBR 6118:2014**. Rio de Janeiro. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Blocos de Concreto Celular Autoclavado - Requisitos - NBR 13438:2021**. Rio de Janeiro. 2021.

BIANQUINI, F. M. **Estudo comparado dos custos diretos entre os sistemas de vedação com alvenaria de blocos cerâmicos e com alvenaria de blocos de concreto celular autoclavado**. 2017.

COSTA, M. R. M. M.; FRANCO, L. S. **Método construtivo de alvenaria de vedação de blocos de concreto celular autoclavado**. 1996.

MINOTTO, F. L.; VARGAS, A. **Análise da influência de diferentes sistemas de vedação vertical no custo final**. 2011.

NORMA DE DESEMPENHO ABNT NBR 15.575:2013 MANUAL COMPLETO PARA BLOCOS CCA DVG SICAL PRIMEIRA EDIÇÃO. 2021. Disponível em: <[amazonaws.com/MANUAL_NORMA_DE_DESEMPENHO.pdf](https://blicosical.s3.sa-east-1.amazonaws.com/MANUAL_NORMA_DE_DESEMPENHO.pdf)>. Acesso em: 3 abr. 2023.

PARSEKIAN, G.A.; SOARES, M. M. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010

PIROLI, E. **Construções de Edifícios I, notas de aula**. COTEC, 1985.p. 21-23

RIPPER, E. **Manual Prático de Materiais de Construção**. São Paulo: PINI, 1995.

VARELLA, P. **Estratégias para redução de custos na construção de habitações de interesse social**. Revista Técnico-Científica do CREA-PR, v. 4, n. 8, p. 95-105, 2016.

VIANA, S. A. O.; ALVES, E. C.. **Análise de Custo e Viabilidade Dentre os Sistemas de Vedação de Bloco Cerâmico e Drywall Associado ao Painel Monolite EPS**. Rio de Janeiro: Abpe, 2013. 13 v.

WITZKE, F. B. **Análise técnico-econômica dos blocos de concreto celular autoclavado na alvenaria de vedação**. Revista Engenharia e Construção Civil, v. 3, n. 2, 2017.