

**ALEXANDRE LUIS ANDRADE LIMA**

**ANÁLISE ESTRUTURAL DE UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS  
COMPARANDO A UTILIZAÇÃO DE PAREDES DE *DRYWALL* EM  
RELAÇÃO ÀS DE BLOCO CERÂMICO COMO SISTEMA DE VEDAÇÃO  
VERTICAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Ciências à Universidade do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau em Bacharel em Engenharia Civil.

Cruz das Almas, 17 de dezembro de 2020.

**BANCA EXAMINADORA**



---

Profº. Engº. Luciano de Santana Rocha – UFRB  
Orientador



---

Profº. Dr. Carlos Frederico Macêdo Cortês – UFRB



---

Profº. MSc. Hélio Guimarães Aragão – UFRB

**Análise estrutural de um edifício de múltiplos pavimentos comparando a utilização de paredes de *drywall* em relação as de bloco cerâmico como sistema de vedação vertical.**

Alexandre Luis Andrade Lima (alexandre.lal.eng@gmail.com)

Luciano Santana Rocha (rocha@ufrb.edu.br)

**RESUMO:** Com a necessidade de reduzir custos e prazos de execução, cada vez mais o mercado da engenharia civil vem se aperfeiçoando e adotando métodos construtivos mais rápidos, de fácil execução e que permitam uma maior inter-relação entre os subsistemas que compõem o processo construtivo de uma edificação. É nesse contexto que as paredes de gesso acartonado, conhecida como *drywall*, vem ganhando espaço frente à alvenaria de blocos cerâmicos. O presente trabalho teve como objetivo verificar a viabilidade da substituição desses métodos construtivos, através da modelagem de duas estruturas de uma edificação de 12 pavimentos, alterando o carregamento da alvenaria afim de observar o comportamento da estrutura, objetivando determinar a redução de materiais e de cargas na fundação, mostrando que há redução significativa de ônus na superestrutura e no custo do tipo de sistema de vedação vertical analisado.

**Palavras chave:** *Drywall*, Viabilidade, Custo, Estrutura, Vedação

**ABSTRACT:** With the need of reduce costs and deadlines, increasingly the civil engineering market has been improving and adopting constructive methods that be faster, easier to execute and that allows a greater interrelationship between the subsystems that are part of an edification constructive process. In this contexto that the *drywall* has been gaining space in front of the ceramic bricks mansory. This paper seek to check the viability of the replacement of this constructives methods, through modeling two structure of a twelve floors edification, changing the mansory load in order to analyze the stucture behavior, with the objective of determine the reduction of material and loads on the foundation, besides quantifying if the cost reducion of the superstructure actually covers the cost difference of this two tipos of vertical sealing systems.

**Key words:** *Drywall*, Viability, Cost, Structure, Sealing.

## 1 Introdução

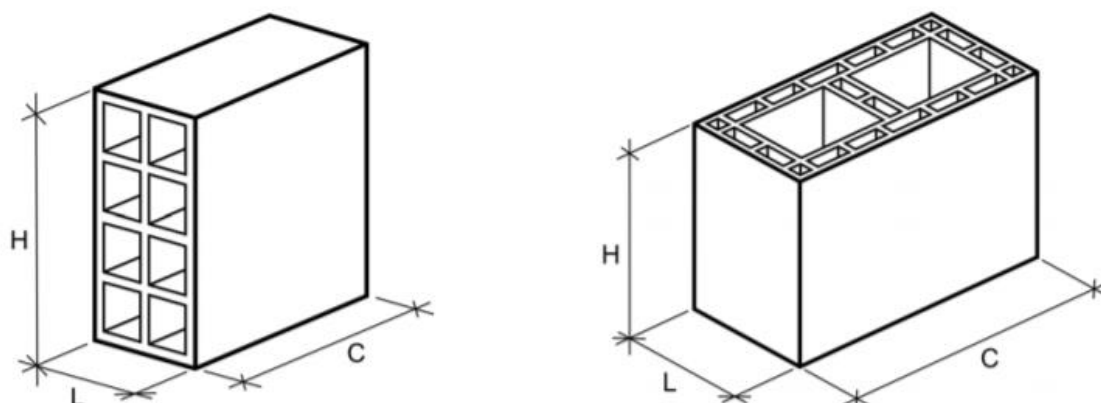
Uma edificação é um sistema que pode ser segmentado em subsistemas como a estrutura, fundação, vedações horizontais e verticais, esquadrias, cobertura, impermeabilização, etc. A vedação vertical é um subsistema que tem como principais funções assegurar aos ambientes as características que proporcionam o adequado desenvolvimento das atividades que foram pensadas na fase de projeto, seccionando os cômodos de uma mesma edificação ou entre edificações vizinhas. Ademais, esse subsistema tem ligação direta com outros, como a estrutura, as instalações elétricas e hidrossanitárias, as vedações horizontais, impermeabilizações, etc., fazendo com que esse subsistema ocupe uma posição estratégica entre os serviços de construção de um edifício (FRANCO, 1998).

Ainda das colocações de Franco (1998) é possível observar que o custo isolado da produção dos vedos não representa a maior parcela na orçamentação de um edifício. Não obstante, quando se considera a inter-relação de toda vedação vertical e os demais subsistemas de uma obra este conjunto acaba representando, normalmente, um dos maiores itens de custo de produção. É, ainda, nesta produção que se encontra os maiores índices de perda e desperdícios tanto de mão-de-obra empregada quanto de materiais.

Nesse contexto, podem ser citados dois tipos de vedações vertical, sendo o primeiro o mais usual no cenário brasileiro e o segundo um sistema que vem cada vez mais ganhando espaço no mercado da construção civil, são eles: a alvenaria de blocos cerâmicos e a parede de *drywall*, respectivamente.

Os primeiros registros da utilização de tijolos cerâmicos na construção civil brasileira datam do final do período colonial, onde surgiu a necessidade do aprimoramento dos elementos construtivos junto com a abundância da matéria-prima no território nacional. Todavia, antes disso, no século XVII já se tem relatos da utilização da cerâmica como elemento construtivo (CARDOSO; GONÇALVES, 2016). Atualmente, graças às novas formas de construção e tecnologias, os blocos cerâmicos podem ser encontrados de diferentes dimensões e para finalidades distintas, como representa a Figura 1, sendo as normas ABNT NBR 15270-1 (2005) e ABNT NBR 15270-3 (2005) aquelas que regem e padronizam a fabricação deste elemento construtivo.

**Figura 1:** Blocos cerâmicos.



Fonte: ABNT NBR 15270-1 (2005).

A fabricação dos blocos cerâmicos para fins de vedação é comumente dividida em 6 etapas: coleta da argila, preparo e mistura, extrusão, corte, secagem e queima. Sendo a penúltima, secagem, aquela responsável pela variação do preço desse elemento construtivo ao longo do ano, visto que esse processo depende das condições atmosféricas para realizar a eliminação parcial da água antes da queima. Assim, nos meses de frio a secagem se estende por um tempo maior, diminuindo, conseqüentemente, a produção e podendo, como efeito, aumentar o valor final do bloco (MAIA, 2012) (GALASSI; TAVARES, 2013).

Da mesma maneira que a fabricação, o método construtivo de alvenaria em blocos cerâmicos também possui uma norma com o objetivo de padronizar a execução, sendo ela a ABNT NBR 8545 (1984).

**Figura 2:** Alvenaria de blocos cerâmicos.



Fonte: Disponível em: < <https://www.institutodaconstrucao.com.br/blog/blocos-ceramicos-atencao-com-excessiva-absorcao-de-agua/>>. Acesso em 02 de novembro de 2020.

Como representado na Figura 2, esse tipo de vedação utiliza a argamassa como elemento de ligação entre os blocos, sendo a mesma composta, geralmente, por uma mistura homogênea de agregado miúdo, água e aglomerante de origem mineral (YAZIGI, 2000). A argamassa também é usada como reboco e emboço na alvenaria, fazendo o acabamento da parte interna e externa, objetivando regularizar a superfície para pintura.

Apesar de ser um dos tipos de vedação vertical mais utilizado no Brasil, a alvenaria de blocos cerâmicos ainda possui um alto grau de perda e desperdício. Das pesquisas de Fraga (2006) é possível verificar que esse método construtivo apresentou 13% do total de perdas, podendo esse número ser maior, visto que, segundo o próprio, o controle sobre variáveis é difícil, pois cada obra possui características específicas e diferentes entre si.

Nesse enquadramento, buscando um método construtivo mais padronizado, com menos desperdício e de execução mais rápida que o *drywall* vem cada vez mais ganhando mercado, apesar de todo o preconceito advindo da falta de informação, além da resistência na utilização desta vedação vertical.

Segundo Associação Brasileira do *Drywall* (2006) as paredes deste tipo são compostas por chapas de gesso fixado por buchas e parafusos especiais em ambos os lados de uma estrutura de perfis metálicos de aço galvanizado que pode ser simples ou dupla. A espessura das chapas de gesso varia entre 9,5 mm a 15,0 mm com tamanhos que podem chegar a 1,20 m por 3,60 m, as quais são divididas em três tipos: standard (ST), resistente à umidade (RU) e resistente ao fogo (RF), sendo o primeiro recomendado para áreas secas, o segundo para aplicação em áreas sujeitas à umidade em tempo limitado de forma intermitente e o último em áreas secas que necessitem maior desempenho em relação à resistência ao fogo.

A parede de *drywall* vai além do fato desta ser versátil no que diz respeito a se adequar à diferentes tipos de ambientes, mas também na facilidade que esse método construtivo propicia na execução de outros subsistemas. As instalações elétricas e hidrossanitárias, como mostra a Figura 3, são exemplos, pois não necessitam de rasgo ou cortes nas paredes, como na alvenaria de blocos cerâmicos para a instalação das tubulações ou eletrodutos, fazendo com que a perda de material na execução desses

subsistemas seja quase zero, além de aumentar consideravelmente a velocidade de produção.

**Figura 3:** Instalações elétricas e hidrossanitárias em paredes de *drywall*.



Fonte: Disponível em: <<http://www.solaradrywallbh.com.br/steel-frame/#!>>. Acesso em 06 de novembro de 2020.

Das pesquisas de Melo, S e Fernandes (2017) e Souza e Carvalho (2019) pode se concluir que o índice de produtividade do *drywall* em relação à alvenaria de blocos cerâmicos é, respectivamente, de 32,9% e 35,31%, obtendo uma média de 34,10%. Com isso, pode-se concluir que uma equipe que leva 100 horas para finalizar um levante de um pavimento com alvenaria de tijolos cerâmicos levaria 34,1 horas com a utilização de *drywall*, considerando a conclusão da parede como um todo, incluindo todos os procedimentos até o acabamento.

Diante do apresentado a respeito dos dois métodos construtivos o presente trabalho tem como objetivo analisar qual é o impacto da substituição da alvenaria de blocos cerâmicos pela parede de *drywall* na estrutura de uma edificação de múltiplos pavimentos, analisando redução de cargas na fundação e materiais, além de verificar se de fato há uma redução de custos bem como se é viável ou não esta substituição.

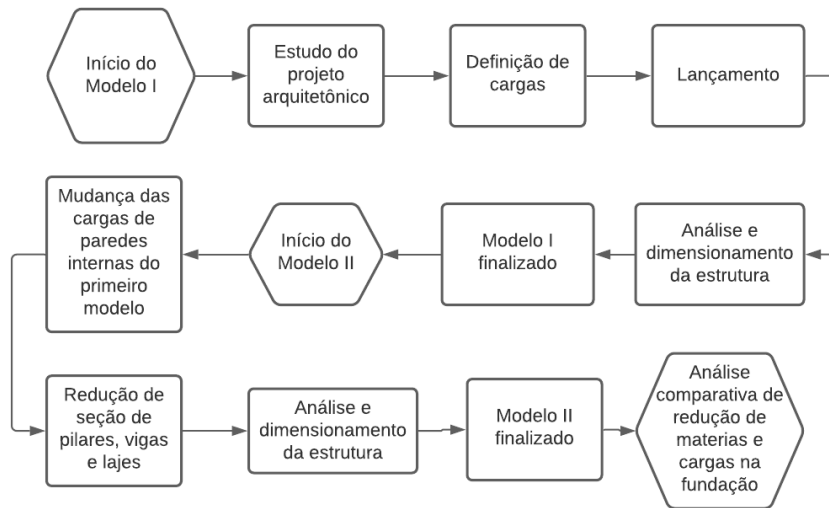
## 2 Metodologia

A metodologia do presente estudo baseia-se na modelagem de duas estruturas em concreto armado de um edifício de múltiplos pavimentos, sendo um com as vedações verticais em alvenaria de blocos cerâmicos (Modelo I) e o outro utilizando

*drywall* nas paredes internas (Modelo II), afim de observar o comportamento da estrutura e analisar se redução de carga e de materiais de fato é significativa.

O fluxograma da Figura 4 mostra de forma sucinta o passo a passo para execução dos projetos e da análise comparativa a ser realizada após ambos finalizados.

**Figura 4:** Fluxograma da execução e análise comparativa dos modelos.



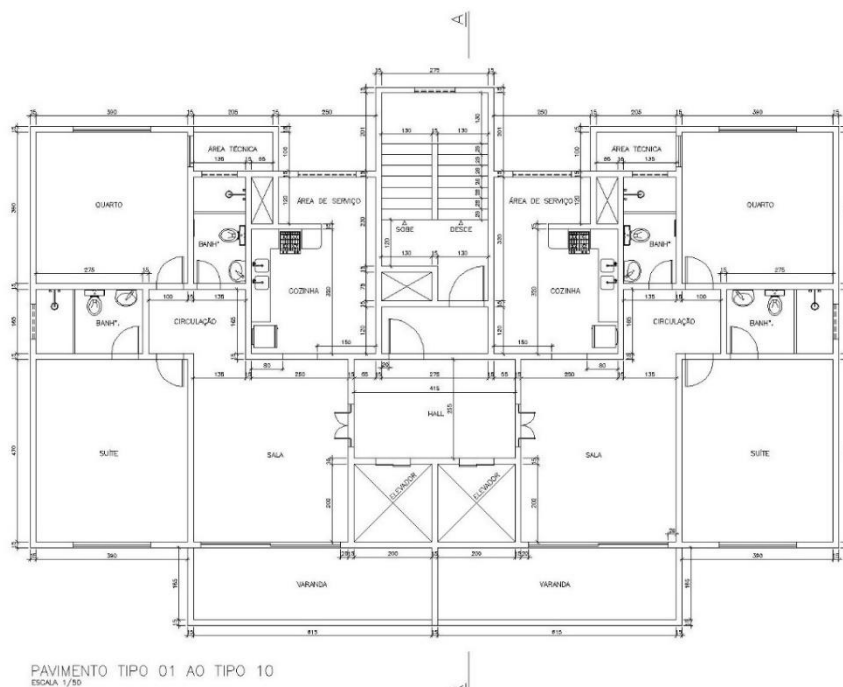
Fonte: Autor.

Para execução do projeto estrutural, será utilizado o software Eberick V8 Gold da empresa AltoQI.

### 3 Modelo I: Paredes internas de alvenaria de blocos cerâmicos

A Figura 5 representa a planta baixa do pavimento tipo da edificação escolhida, possuindo dois apartamentos por pavimento com 248,83 m<sup>2</sup> cada.

**Figura 5:** Planta baixa do pavimento tipo.



Fonte: Orientador.

Para uma maior eficácia na troca do tipo de sistema de vedação vertical, foi escolhida uma edificação residencial com 12 pavimentos supondo que a mesma esteja localizada em uma cidade do estado da Bahia com classe de agressividade ambiental II, conforme as classificações da ABNT NBR 6118 (2014).

Com o projeto arquitetônico definido, para início da modelagem estrutural, faz-se necessário definir as cargas que a edificação estará sujeita. Estas podem ser divididas em três tipos: permanentes (peso próprio, alvenaria, revestimento, etc.), acidentais e vento.

Das cargas permanentes, o cálculo do peso próprio e do revestimento são padrão para todos os ambientes, sendo o primeiro calculado através do volume de concreto do elemento estrutural e o segundo definido como  $100 \text{ kgf/m}^2$ . A escada é a única exceção, pois sua carga foi adicionada diretamente nas vigas de apoio, considerando a altura de 10 cm, além das cargas de revestimento e acidental, semelhante aos elevadores que, com 10 toneladas cada, foram lançados como carga distribuída na laje sob o poço. Os reservatórios foram lançados como elemento estrutural, possuindo capacidade de aproximadamente  $15 \text{ m}^3$  de água com paredes de concreto de 20 cm de espessura. Já as cargas de alvenaria foram divididas entre as paredes externas e internas. Nas externas foi considerado como elemento de vedação blocos cerâmicos de 14 cm com 1,5 cm de revestimento em cada face, nas paredes internas blocos cerâmicos de 11,5 cm também com 1,5 cm de revestimento em cada



face. Com essas informações e consoante com a ABNT NBR 6120 (2019) foi possível determinar que para as paredes externas a carga é de 167 kgf/m<sup>2</sup> e para as paredes internas a carga é de 147 kgf/m<sup>2</sup>.

Obtidas as cargas permanentes faz-se necessário determinar as cargas acidentais de cada ambiente da edificação as quais estão descritas na ABNT NBR 6120 (2019) e são especificadas para o uso de cada ambiente. Com isso, é possível obter a Tabela 2:

**Tabela 2:** Cargas Acidentais.

| Ambiente                               | Carga                  |
|--|------------------------|
| Apartamento: Cozinha e área de serviço | 200 kgf/m <sup>2</sup> |
| Apartamento: Varanda                   | 250 kgf/m <sup>2</sup> |
| Apartamento: Demais cômodos            | 150 kgf/m <sup>2</sup> |
| Áreas em comum (Condomínio)            | 300 kgf/m <sup>2</sup> |
| Terraço sem acesso de pessoas          | 50 kgf/m <sup>2</sup>  |

Fonte: ABNT NBR 6120 (2019).

Outra carga a qual é fundamental no dimensionamento de uma edificação deste porte é a divido os esforços de vento. O cálculo desta foi feito seguindo os parâmetros da ABNT NBR 6123 (1988), considerando que o vento incide na fachada inferior e na direita, tomando como base a Figura 5.

**Tabela 3:** Fatores para cálculo da carga de vento.

| Coeficiente    | Fator        | Interpretação  |
|----------------|--------------|--|
| V <sub>0</sub> | 30 m/s       | Valor máximo conforme isopletras presente na ABNT 6123 (1988) e a localização do edifício. |
| S <sub>1</sub> | 1,0          | Topografia moderadamente regular   |
| S <sub>2</sub> | Categoria IV | Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados em zona urbanizada            |
| S <sub>3</sub> | 1,0          | Edificações residenciais   |

Fonte: ABNT NBR 6123 (1988).

Com todas as cargas e parâmetros estabelecidos foi possível iniciar a modelagem da estrutura. Para isso realizou-se um pré-dimensionamento, afim de estimar os valores iniciais dos elementos a serem dimensionados. Assim, foi utilizando o método de área de influência para estabelecer a seção dos pilares, enquanto as vigas e lajes foram pré-dimensionadas de acordo com o vão e as condições de apoio. Por não

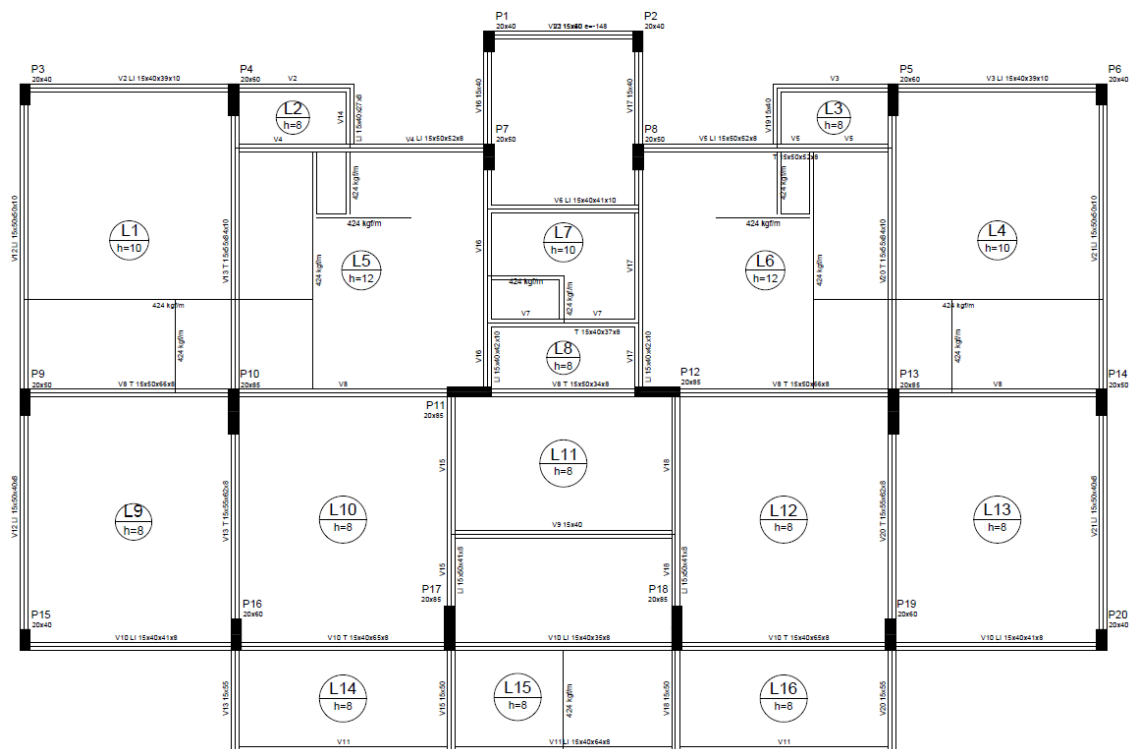
ser o foco do presente estudo, para leitores interessados recomenda-se como leitura as pesquisas de Melo, P. (2013), que aborda com mais detalhe cada método.

Partindo do pré-dimensionamento, foi possível obter a seção final dos elementos estruturais usando como critério de dimensionamento das lajes e vigas o estado limite último (ELU) e principalmente o estado limite de serviço (ELS) nunca chegando no limite, mas sim mantendo uma folga tanto na deformação quanto na abertura de fissuras, de acordo com a ABNT NBR 6118 (2014). Já para pilares, mesmo esta norma estabelecendo um limite de 8% de taxa de armadura, o critério adotado foi de não exceder 3,0%, considerando o transpasse e a armação das vigas nos pilares. Vale salientar que as seções mais críticas as quais necessitam de maior atenção no dimensionamento dos pilares se encontram no pavimento térreo, posto que o mesmo recebe a carga de todos os outros.

Após o primeiro dimensionamento da estrutura, alguns parâmetros podem ser estabelecidos. Descrito na Tabela 4, o coeficiente Gama-Z possui significativa importância no dimensionamento e na concepção estrutural, principalmente em edificações de múltiplos pavimentos, visto que o mesmo define se os efeitos globais de segunda ordem são significativos ou não. Caso os deslocamentos horizontais sejam pequenos e, por conseguinte, os efeitos globais de segunda ordem sejam pouco influentes, não ultrapassando 10%, diante dos esforços de primeira ordem os quais está submetida a estrutura, esta é considerada de nós rígidos, quando supera esse valor pode-se considerá-la de nós móveis (OLIVEIRA et al., 2014, p. 1).

Ainda se tratando dos efeitos de segunda ordem, a ABNT NBR 6118 (2014) aponta que a redução da rigidez na ligação viga pilar não deve exceder 10% quando se tratar de uma estrutura de nós móveis, caso contrário, essa redução na rigidez pode chegar até 25%. Esse limite foi estabelecido para a estrutura em estudo, em virtude de o coeficiente Gama-Z ser superior a 1,10. A Figura 6 mostra a planta de forma do pavimento tipo, obtida através do processo iterativo de dimensionamento e otimização da estrutura.

**Figura 6:** Planta de forma do pavimento tipo (Modelo I).



Forma do pavimento Pav. Tipo 1 ao 10

Fonte: Autor.

A cargas dos pilares presentes na Figura 6 estão representadas de maneira resumida na Tabela 4, bem como os coeficientes de efeito global de segunda ordem de ambas as direções. As cargas presentes nesta tabela estão divididas por tipo de ação, vale salientar que a carga de peso próprio, por exemplo, não se trata apenas do peso próprio dos pilares, e sim da reação devido ao peso próprio de todos os elementos estruturais, assim como nas reações das acidentais, e das adicionais (alvenaria, revestimento, etc.) e na carga de água. Outros dois pontos que precisa ser citado é que as reações causadas pelos esforços de vento são consideradas na carga máxima dos pilares, contudo, quando se considera o binário de forças gerado por elas, o somatório das reações verticais é e que as cargas da tabela em questão não estão majoradas.

**Tabela 4:** Cargas na fundação (Modelo I).

| Fundação |            | Carga (tf)   |           |           |       |               |
|----------|------------|--------------|-----------|-----------|-------|---------------|
| Nome     | Seção (cm) | Peso próprio | Adicional | Acidental | Água  | Máxima        |
| P1=P2    | 20 x 40    | 27,24        | 36,77     | 4,43      | 5,78  | <b>86,45</b>  |
| P3=P6    | 20 x 40    | 31,09        | 32,39     | 8,03      | 0,27  | <b>77,93</b>  |
| P4=P5    | 20 x 60    | 66,53        | 70,24     | 20,17     | 0,65  | <b>166,49</b> |
| P7=P8    | 20 x 50    | 46,14        | 63,66     | 14,63     | 3,49  | <b>131,73</b> |
| P9=P14   | 20 x 50    | 47,37        | 49,90     | 14,70     | 0,02  | <b>117,71</b> |
| P10=P13  | 20 x 85    | 96,24        | 89,96     | 37,48     | 1,03  | <b>228,86</b> |
| P11=P12  | 20 x 85    | 92,07        | 90,07     | 40,98     | 6,42  | <b>237,24</b> |
| P15=P20  | 20 x 40    | 28,08        | 28,70     | 7,99      | -0,34 | <b>73,69</b>  |

|                                  |         |                |                |                  |                |                |
|----------------------------------|---------|----------------|----------------|------------------|----------------|----------------|
| P16=P19                          | 20 x 60 | 64,27          | 55,16          | 23,52            | -0,42          | <b>158,73</b>  |
| P17=P18                          | 20 x 85 | 86,16          | 93,08          | 32,60            | 0,57           | <b>220,37</b>  |
| <b>TOTAL</b>                     |         | <b>1170,33</b> | <b>1219,80</b> | <b>409,03</b>    | <b>34,93</b>   | <b>2834,10</b> |
| <b>Deslocamentos Horizontais</b> |         |                |                |                  |                |                |
|                                  |         |                |                | <b>Direção X</b> | <b>1,27 cm</b> |                |
|                                  |         |                |                | <b>Direção Y</b> | <b>1,04 cm</b> |                |
| <b>Coefficiente Gama-Z</b>       |         |                |                |                  |                |                |
|                                  |         |                |                | <b>Direção X</b> | <b>1,16</b>    |                |
|                                  |         |                |                | <b>Direção Y</b> | <b>1,13</b>    |                |

Fonte: Autor

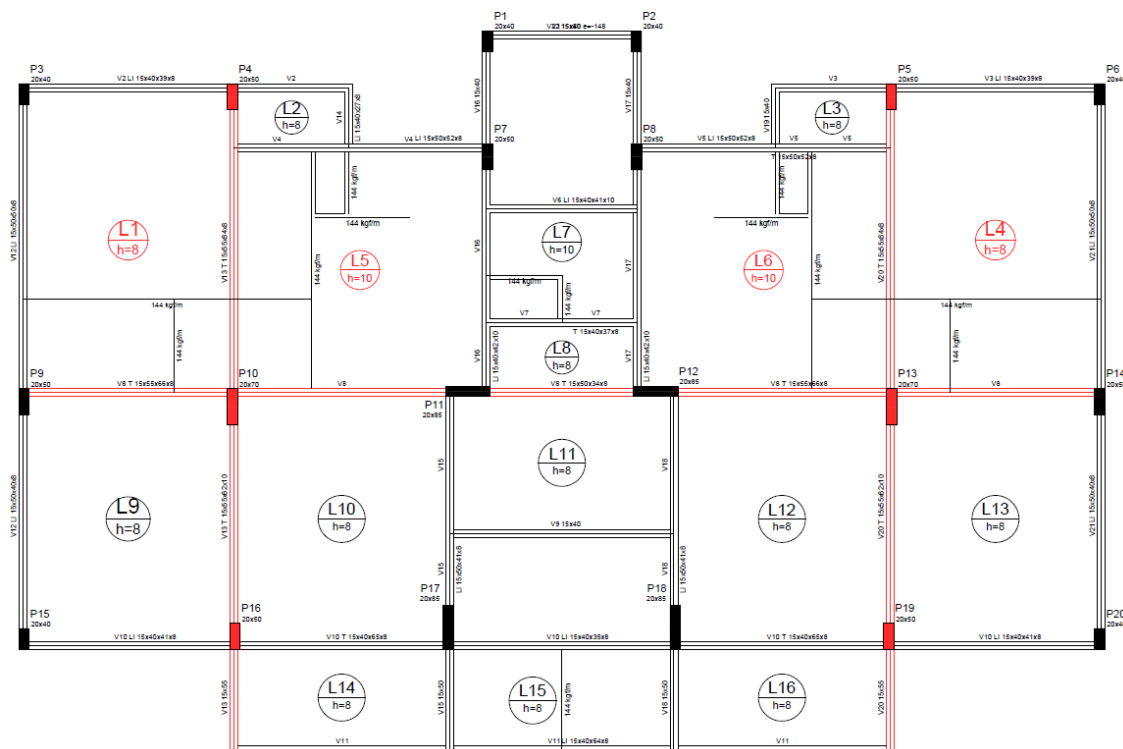
Os pilares da tabela acima estão agrupados pelo eixo de simetria, apesar disso a carga não é exatamente a mesma, possuindo uma variação inferior a 0,5 tf, para resumir as informações, aquela que está presente na tabela é a média das dos dois pilares no eixo de simetria.

#### **4 Modelo II: Paredes internas de *drywall***

Para a construção do segundo modelo foi utilizada a mesma edificação com os mesmos parâmetros definidos anteriormente. Não obstante, foi possível substituir 1965 m<sup>2</sup> de alvenaria de blocos cerâmicos por *drywall*. Assim, dos valores de carga do primeiro projeto todos permaneceram constantes, exceto os valores de vedação vertical os quais, agora, para as paredes internas é de 50 kgf/m<sup>2</sup>

Foi mantido os mesmos critérios de dimensionamento do primeiro projeto, contudo, agora, com a redução de carga é possível, conseqüentemente, realizar uma redução na seção dos elementos estruturais. Afim de manter o mais parecido possível o comportamento da estrutura diante às cargas, o objetivo foi tentar manter o mais constante possível a taxa de aço nos pilares e os parâmetros de deformação do ELS nas vigas e lajes. Assim, foi possível obter a planta de forma do pavimento tipo, presente na Figura 7.

**Figura 7:** Planta de forma do pavimento tipo (Modelo II).



Forma do pavimento Pav. Tipo 1 ao 10

Fonte: Autor.

Na figura acima é possível observar em vermelho os elementos estruturais que sofreram redução na seção, sendo eles os pilares P4, P5, P10, P13, P16 e P19, as lajes L1, L4, L5 e L6 e as vigas V8, V13 e V20. Estes e os outros que não sofreram redução estão descritos de maneira resumida na Tabela 6, juntamente com os parâmetros que definem os efeitos globais de segunda ordem. Vale acrescentar que as cargas abaixo descritas seguem os mesmos parâmetros referentes ao eixo de simetria da Tabela 4.

**Tabela 6:** Cargas na fundação (Modelo II) (continua).

| Fundação |            | Carga (tf)   |           |           |       |               |
|----------|------------|--------------|-----------|-----------|-------|---------------|
| Nome     | Seção (cm) | Peso próprio | Adicional | Acidental | Água  | Total         |
| P1=P2    | 20 x 40    | 26,17        | 32,35     | 4,40      | 5,80  | <b>82,14</b>  |
| P3=P6    | 20 x 40    | 28,57        | 28,52     | 8,24      | 0,29  | <b>72,32</b>  |
| P4=P5    | 20 x 60    | 56,77        | 49,78     | 19,44     | 0,63  | <b>135,04</b> |
| P7=P8    | 20 x 50    | 44,26        | 52,53     | 14,79     | 3,49  | <b>119,23</b> |
| P9=P14   | 20 x 50    | 46,24        | 39,25     | 15,37     | 0,00  | <b>106,43</b> |
| P10=P13  | 20 x 85    | 85,64        | 52,41     | 36,24     | 1,07  | <b>179,61</b> |
| P11=P12  | 20 x 85    | 90,70        | 64,93     | 41,96     | 6,35  | <b>210,66</b> |
| P15=P20  | 20 x 40    | 28,87        | 27,35     | 8,36      | -0,35 | <b>74,24</b>  |

**Tabela 6:** Cargas na fundação (Modelo II) (conclusão).

| Fundação |            | Carga (tf)   |           |           |       |               |
|----------|------------|--------------|-----------|-----------|-------|---------------|
| Nome     | Seção (cm) | Peso próprio | Adicional | Acidental | Água  | Total         |
| P16=P19  | 20 x 60    | 60,50        | 45,01     | 22,63     | -0,33 | <b>141,55</b> |

|                                  |         |                |               |                  |              |                |
|----------------------------------|---------|----------------|---------------|------------------|--------------|----------------|
| P17=P18                          | 20 x 85 | 87,35          | 86,48         | 33,12            | 0,55         | <b>215,95</b>  |
| <b>TOTAL</b>                     |         | <b>1110,08</b> | <b>957,18</b> | <b>409,04</b>    | <b>34,93</b> | <b>2511,23</b> |
| <b>Deslocamentos Horizontais</b> |         |                |               | <b>Direção X</b> |              | <b>1,22 cm</b> |
|                                  |         |                |               | <b>Direção Y</b> |              | <b>1,12 cm</b> |
| <b>Coefficiente Gama-Z</b>       |         |                |               | <b>Direção X</b> |              | <b>1,14</b>    |
|                                  |         |                |               | <b>Direção Y</b> |              | <b>1,14</b>    |

Fonte: Autor.

## 5 Orçamento

Se tratando de comparativos, um dos parâmetros mais significativos para aqueles que investem no ramo da construção civil é o custo. A Tabela 7 mostra um orçamento apenas com os itens que fazem parte da substituição dos tipos de vedação vertical e da superestrutura (pilares, vigas e lajes), afim de comparar os dois modelos.

**Tabela 7:** Custos referentes aos itens de vedação substituídos e da superestrutura.

| Item                                 | Unidade        | Preço Unitário | Modelo I  |                       | Modelo II    |                       |
|--------------------------------------|----------------|----------------|-----------|-----------------------|--------------|-----------------------|
|                                      |                |                | Quant.    | Valor                 | Quant.       | Valor                 |
| <b>Alvenaria de Blocos cerâmicos</b> |                |                |           | <b>R\$ 286.890,00</b> |              |                       |
| 1.1                                  | m <sup>2</sup> | 72,10          | 1965,0    | R\$ 141.676,50        | -            | -                     |
| 1.2                                  | m <sup>2</sup> | 4,09           | 3930,0    | R\$ 16.073,70         | -            | -                     |
| 1.3                                  | m <sup>2</sup> | 32,86          | 3930,0    | R\$ 129.139,80        | -            | -                     |
| <b>Paredes de drywall</b>            |                |                |           |                       |              | <b>R\$ 279.433,12</b> |
| 2.1                                  | m <sup>2</sup> | 19,23          | -         | -                     | 1965,0       | R\$ 37.786,95         |
| 2.2                                  | m <sup>2</sup> | 139,90         | -         | -                     | 467,8        | R\$ 65.445,22         |
| 2.3                                  | m <sup>2</sup> | 82,90          | -         | -                     | 328,8        | R\$ 27.257,52         |
| 2.4                                  | m <sup>2</sup> | 125,74         | -         | -                     | 1091,2       | R\$ 137.207,49        |
| 2.5                                  | m <sup>2</sup> | 152,02         | -         | -                     | 77,2         | R\$ 11.735,94         |
| <b>Superestrutura</b>                |                |                |           | <b>R\$ 570.229,13</b> |              | <b>R\$ 538.155,91</b> |
| 3.1                                  | m <sup>3</sup> | 358,42         | 446,5     | R\$ 160.034,53        | 422,9        | R\$ 151.575,82        |
| 3.2                                  | kg             | 8,26           | 39.584,50 | R\$ 318.133,90        | 35.889,80    | R\$ 296.449,75        |
| 3.3                                  | kg             | 8,61           | 10.424,00 | R\$ 92.060,70         | 10.468,10    | R\$ 90.130,34         |
| <b>TOTAL</b>                         |                |                |           | <b>R\$ 857.119,13</b> | <b>TOTAL</b> | <b>R\$ 817.589,03</b> |

Fonte: SINAPI (2020); SINCRO (2020).

Os bancos de dados escolhidos para tal foram o do SINAPI atualizado no mês de outubro de 2020 e o SINCRO atualizado em abril de 2020 ambos tomando como base o preço da Bahia. Alguns itens mais específicos como de paredes com diferentes quantidades de placas de gesso acartonado e para usos mais especiais, como resistência a umidade (RU), necessitaram de uma composição própria a qual foi feita com base nas existentes, substituindo, apenas, a placa de gesso padrão (ST).

Vale salientar que o orçamento realizado, como qualquer outro, serve para ter uma ideia aproximada dos custos da edificação podendo haver variação de material e de mão de obra dependendo da região e do período no ano a qual é realizada.

Definido os custos de cada item e através do quantitativo de materiais de cada modelo foi possível obter o preço final das vedações verticais substituídas e da superestrutura, presente na Tabela 8.

**Tabela 8:** Orçamento com base nos materiais dos modelos I e II.

| Item                                 | Unidade        | Preço Unitário | Modelo I     |                       | Modelo II    |                       |
|--------------------------------------|----------------|----------------|--------------|-----------------------|--------------|-----------------------|
|                                      |                |                | Quant.       | Valor                 | Quant.       | Valor                 |
| <b>Alvenaria de Blocos cerâmicos</b> |                |                |              | <b>R\$ 252.288,00</b> |              |                       |
| 1.1                                  | m <sup>2</sup> | 72,10          | 1728,0       | R\$ 124.588,80        | -            | -                     |
| 1.2                                  | m <sup>2</sup> | 4,09           | 3456,0       | R\$ 14.135,04         | -            | -                     |
| 1.3                                  | m <sup>2</sup> | 32,86          | 3456,0       | R\$ 113.564,16        | -            | -                     |
| <b>Paredes de drywall</b>            |                |                |              |                       |              | <b>R\$ 246.505,04</b> |
| 2.1                                  | m <sup>2</sup> | 19,23          | -            | -                     | 1728,0       | R\$ 33.229,44         |
| 2.2                                  | m <sup>2</sup> | 139,90         | -            | -                     | 382,0        | R\$ 53.441,80         |
| 2.3                                  | m <sup>2</sup> | 82,90          | -            | -                     | 270          | R\$ 22.383,00         |
| 2.4                                  | m <sup>2</sup> | 125,74         | -            | -                     | 999,8        | R\$ 125.714,85        |
| 2.5                                  | m <sup>2</sup> | 152,02         | -            | -                     | 77,2         | R\$ 11.735,94         |
| <b>Superestrutura</b>                |                |                |              | <b>R\$ 570.229,13</b> |              | <b>R\$ 538.155,91</b> |
| 3.1                                  | m <sup>3</sup> | 358,42         | 446,5        | R\$ 160.034,53        | 422,9        | R\$ 151.575,82        |
| 3.2                                  | kg             | 8,26           | 39584,5      | R\$ 318.133,90        | 35889,8      | R\$ 296.449,75        |
| 3.3                                  | kg             | 8,61           | 10424        | R\$ 92.060,70         | 10468,1      | R\$ 90.130,34         |
|                                      |                |                | <b>TOTAL</b> | <b>R\$ 822.517,13</b> | <b>TOTAL</b> | <b>R\$ 784.660,94</b> |

Fonte: SINAPI (2020); SINCRO (2020).

## 6 Análise de Resultados

Após as duas modelagens estruturais, foi possível observar uma grande redução da carga na fundação, as quais estão descritas com mais detalhes na Tabela 9. A maioria dos pilares tiveram redução superior a 11 toneladas, com alguns chegando até mesmo a 49,25 toneladas que é o caso dos pilares P10 e P13. A redução total de cargas chegou em 322,87 toneladas, das quais 60,25 é referente ao peso próprio e 262,62 é carga de alvenaria causando uma diminuição da relação de carga do pavimento tipo a qual caiu de 1122,88 kgf/m<sup>2</sup> para 998,45 kgf/m<sup>2</sup>.

Além da redução dos efeitos de primeira ordem, os de segunda ordem também foram reduzidas no sentido de x, como aponta o coeficiente Gama-Z das duas estruturas. Esses efeitos estão diretamente ligados à carga vertical e aos deslocamentos horizontais, como os dois sofreram redução nesse sentido é de se esperar que esse

coeficiente também diminua. Já analisando o eixo y, no qual 6 pilares sofreram uma redução de seção, foi possível observar um aumento tanto nos deslocamentos quanto no coeficiente Gama-Z, como era esperado.

**Tabela 9:** Comparativo na redução de carga na fundação dos dois modelos.

| Fundação     | Modelo I   |                   | Modelo II  |                    | Redução       |               |
|--------------|------------|-------------------|------------|--------------------|---------------|---------------|
| Nome         | Seção (cm) | Carga Máxima (tf) | Seção (cm) | Cargas Máxima (tf) | (tf)          | (%)           |
| P1=P2        | 20 x 40    | 86,45             | 20 x 40    | 82,14              | 4,31          | 4,99%         |
| P3=P6        | 20 x 40    | 77,93             | 20 x 40    | 72,32              | 5,61          | 7,20%         |
| P4=P5        | 20 x 60    | 166,49            | 20 x 50    | 135,04             | 31,45         | 18,89%        |
| P7=P8        | 20 x 50    | 131,73            | 20 x 50    | 119,23             | 12,50         | 9,49%         |
| P9=P14       | 20 x 50    | 117,71            | 20 x 50    | 106,43             | 11,29         | 9,59%         |
| P10=P13      | 20 x 85    | 228,86            | 20 x 70    | 179,61             | 49,25         | 21,52%        |
| P11=P12      | 20 x 85    | 237,24            | 20 x 85    | 210,66             | 26,58         | 11,20%        |
| P15=P20      | 20 x 40    | 73,69             | 20 x 40    | 74,24              | -0,55         | -0,75%        |
| P16=P19      | 20 x 50    | 158,73            | 20 x 60    | 141,55             | 17,18         | 10,82%        |
| P17=P18      | 20 x 85    | 220,37            | 20 x 85    | 215,95             | 4,42          | 2,01%         |
| <b>TOTAL</b> |            | <b>2834,10</b>    | -          | <b>2511,23</b>     | <b>322,87</b> | <b>11,39%</b> |

Fonte: Autor.

Além da redução de carga, a substituição do *drywall* pela alvenaria de blocos cerâmicos apresentou uma redução de custo de R\$ 39.530,10, analisando somente o custo das alvenarias substituídas e da superestrutura (pilares, vigas e lajes).

## 7 Considerações finais

Com base no que foi apresentado é possível afirmar que, para este estudo de caso, a substituição da alvenaria de blocos cerâmicos pela parede de *drywall* apresentou resultados significativos tanto na redução de custo quanto de cargas na fundação, que foram de 4,61% e 11,08% respectivamente. Ademais, para os custos essa redução pode crescer consideravelmente, visto que não foi possível quantificar a diferença do ônus da diminuição de desperdício e da maior facilidade na execução das instalações elétricas e hidrossanitárias além da redução de custo da fundação.

Outro ponto importante é a redução no prazo de execução da obra, a qual com a padronização possibilitada pelas paredes de gesso acartonado e pela inter-relação que esta propicia com outros subsistemas, permite reduzir erros na execução e acelerar os processos.

Através das informações adquiridas nesse estudo é de se esperar uma possibilidade na ampliação dos aspectos que motivam utilização da parede de *drywall*



como opção de uso como sistema de vedação vertical interna para os empreendedores, reduzindo cada vez mais os custos associados ao m<sup>2</sup> e da mão de obra deste processo.

Para sugestão de trabalhos futuros recomenda-se a análise e quantificação da redução de custos da fundação. Além desta, um questionamento que surgiu ao longo da execução dos dois modelos que dá margens a outros trabalhos, a qual consiste em verificar se há ou não uma redução de custos em aumentar a seção dos elementos estruturais, tornando a estrutura de nós rígidos e, conseqüentemente, equalizar os momentos solicitantes das vigas.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE *DRYWALL*. **Manual de projeto de Sistemas Drywall: paredes, forros e revestimentos.** — São Paulo: Pini, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15270-1: **Componentes cerâmicos. parte 1: blocos cerâmicos para alvenaria de vedação - terminologia e requisitos.** Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15270-3: **Componentes cerâmicos. parte 3: blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação - métodos de ensaio.** Rio de Janeiro, 2005.

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

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6123: **Forças devidas ao vento em edificações - Procedimento.** Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8545: **Execução de alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos - Procedimento.** Rio de Janeiro, 1984.

CARDOSO, A. F.; GONÇALVES, C. P.. **A Utilização da Cerâmica nas Técnicas Construtivas em Busca da Inovação e Sustentabilidade.** Águas de Lindóia, SP, 2016.

FRAGA, M. F.. **Panorama da geração de resíduos da construção civil em belo horizonte: medidas de minimização com base em projeto e planejamento de obras.** Universidade Federal de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Belo Horizonte, 2006.

FRANCO, L.S. **O projeto das vedações verticais: características e a importância para a racionalização do processo de produção.** In.: SEMINÁRIO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: Vedações Verticais, São Paulo, 1998. Anais. São Paulo, EPUSP/PCC, 1998, p.221-36.

GALASSI, C.; TAVARES, C. R. G. **PROCESSO PRODUTIVO DE BLOCOS CERÂMICOS.** In: Simpósio de Engenharia de Produção. 2013.

MAIA, F. S.. **Avaliação de massas cerâmicas, processamento e propriedades dos produtos de cerâmica vermelha do pólo cerâmico de campos dos Goytacazes.** Universidade Estadual do Norte Fluminense-Campos dos goytacazes–RJ-agosto–2012, 2012.

MELO, P. R.. **Pré-dimensionamento de estruturas de madeira, de aço e de concreto para auxílio à concepção de projetos arquitetônicos.** 2013. 113 f. Qualificação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.

MELO, S. C.; FERNANDES, F.. **Sistema Drywall como alternativa à alvenaria convencional: Avaliação produtiva.** VII Congresso brasileiro de engenharia de produção. Ponta Grossa, 2017.

OLIVEIRA, D. M.; SILVA, N. A.; OLIVEIRA, P. M.; RIBEIRO, C. C.. **Avaliação dos momentos de segunda ordem em estruturas de concreto armado utilizando os**

**coeficientes z e b<sub>2</sub>**. In Revista do IBRACON de estruturas e materiais. Volume 7, número 3 (junho 2014) p. 329-348

SOUZA, L. H. A.; CARVALHO, L C.. **FECHAMENTO DE PAREDES INTERNAS EM DRYWALL COMPARADO À ALVENARIA DE TIJOLO CERÂMICO FURADO.** -, 2019.

YAZIGI, W.. **A Técnica de Edificar.** 3<sup>a</sup> ed. São Paulo: Pini: Sinduscon-SP: 2000.