



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONOMICA NA SUBSTITUIÇÃO DAS
ALVENARIAS INTERNAS DE VEDAÇÃO EM BLOCO CERÂMICO
POR *DRYWALL* EM UM EDIFÍCIO MISTO**

JONAS IAGO MEDEIROS DIAS

POMBAL – PB

2023

JONAS IAGO MEDEIROS DIAS

ESTUDO DE VIABILIDADE ECONOMICA NA SUBSTITUIÇÃO DAS
ALVENARIAS INTERNAS DE VEDAÇÃO EM BLOCO CERÂMICO POR
DRYWALL EM UM EDIFÍCIO MISTO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Unidade Acadêmica de
Ciências e Tecnologia Ambiental da
Universidade Federal de Campina Grande,
como parte dos requisitos necessários
para obtenção do título de Engenheiro
Civil.

Orientador(a): Prof. Dr. Eduardo Morais de
Medeiros

POMBAL – PB

2023

D541e Dias, Jonas Iago Medeiros.
Estudo de viabilidade econômica na substituição das alvenarias
internas de vedação em bloco cerâmico por *drywall* em um edifício misto
/ Jonas Iago Medeiros Dias. – Pombal, 2023.
86 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil)
– Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e
Tecnologia Agroalimentar, 2023.

“Orientação: Prof. Dr. Eduardo Morais de Medeiros”.

Referências.

1. Alvenaria de fechamento. 2. Bloco cerâmico. 3. *Drywall*. 4. TQS.
5. Custo da obra. I. Medeiros, Eduardo Morais de. II. Título.

CDU 693 (043)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO.

JONAS IAGO MEDEIROS DIAS

ESTUDO DE VIABILIDADE ECONOMICA NA SUBSTITUIÇÃO DAS ALVENARIAS INTERNAS DE VEDAÇÃO EM BLOCO CERÂMICO POR DRYWALL EM UM EDIFÍCIO MISTO

Trabalho de Conclusão de Curso do discente (JONAS IAGO MEDEIROS DIAS) **APROVADO** em 20 de junho de 2023 pela comissão examinadora composta pelos membros abaixo relacionados como requisito para obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL pela Universidade Federal de Campina Grande.

Registre-se e publique-se.



Assinado digitalmente por
EDUARDO MORAIS DE
MEDEIROS:08776859466
Razão: Eu atesto a precisão e a
integridade deste documento
Localização: UFCEG - Campus
Pombal
Data: 2023.06.26
11:16:11
-03'00"

Prof. Dr. Eduardo Morais de Medeiros
(Orientador – UFCEG)

Documento assinado digitalmente
gov.br RODRIGO MENDES PATRÍCIO CHAGAS
Data: 26/06/2023 19:21:45-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Me. Rodrigo Mendes Patrício Chagas
(Membro Interno – UFCEG)


Lucas Lincoln O. Alves
ENGENHEIRO CIVIL

Eng. Lucas Lincoln Oliveira Alves
(Membro Externo – Oliveira e Morais,
Caicó/RN)

Dedico este trabalho a todos aqueles que foram fundamentais ao longo desta jornada até o momento.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela oportunidade de ter chegado até aqui apesar de todas as dificuldades ao longo da graduação. Não poderia deixar de agradecer aos meus pais e familiares que me deram todo o apoio para tornar meu sonho em realidade e sempre estiveram ao meu lado.

Agradeço também aos meus colegas do período 2018.2 em especial aos meus amigos do grupo CDO que sempre estiveram comigo e foram fundamentais para a minha formação acadêmica. Por fim agradeço aos integrantes da Oliveira Morais que tiveram grande relevância para a elaboração desse trabalho cedendo ferramentas e orientando, além disso também sou grato ao professor Doutor Eduardo Morais de Medeiros que contribuiu sanando dúvidas e orientando a pesquisa.

Além disso, expresso aqui meu agradecimento aos membros que constituem a banca do trabalho que também contribuíram para a melhoria do mesmo. Por fim, aos membros servidores do campus Pombal que contribuíram indiretamente com a realização da pesquisa.

RESUMO

O avanço tecnológico trouxe consigo várias melhorias para a construção civil, dentre elas o desenvolvimento de materiais alternativos, como a alvenaria de vedação em *drywall*, que pode substituir a alvenaria tradicional em bloco cerâmico e gera menos peso na estrutura, entretanto é mais cara. Sendo assim, o estudo foi realizado com o intuito de analisar se esse novo material é economicamente viável para o custo da obra de acordo com o propósito da pesquisa, intervindo com melhorias na estrutura, em função da redução de esforços, com auxílio do *software* TQS. Foi obtido como resultado que houve uma redução na quantidade de material utilizado na estrutura, onde o aço foi mais expressivo com valor de 1024 kg, e quando somado com o valor da alvenaria em *drywall*, acabou proporcionando uma redução nas despesas da construção comprovando a viabilidade econômica da substituição. Conclui-se que apesar do sistema construtivo em *drywall* trazer uma economia pequena para a obra de 2,95% na redução do custo total, o mesmo também proporciona outras vantagens dentre elas maior produtividade na execução e menos desperdício.

Palavras-chave: Alvenaria de fechamento. Bloco cerâmico. *Drywall*. TQS. Custo da obra.

ABSTRACT

The technological advancement has brought several improvements to the construction industry, including the development of alternative materials such as drywall partition walls, which can replace traditional ceramic block masonry and result in less weight on the structure, although it is more expensive. Therefore, this study was conducted to analyze the economic viability of this new material for construction costs, in accordance with the research objective, by intervening with improvements in the structure based on effort reduction, with the assistance of the TQS software. The result obtained indicated a reduction in the amount of material used in the structure, with steel being the most significant, with a value of 1024 kg. When combined with the value of drywall masonry, it led to a decrease in construction expenses, thus proving the economic feasibility of the replacement. It is concluded that although the drywall construction system brings a small cost reduction of 2.95% to the total cost of the project, it also provides other advantages, such as increased productivity during execution and reduced waste.

Keywords: Masonry wall. Ceramic block. Drywall. TQS. Construction cost.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Elemento de concreto armado: viga.....	27
Figura 2 - Execução da primeira fiada.....	30
Figura 3 - Prumo em alvenaria.....	31
Figura 4 - Junta vertical desconectada.....	31
Figura 5 - Encunhamento de alvenaria.....	32
Figura 6 - Componentes da alvenaria em <i>drywall</i>	34
Figura 7 - Disposição dos elementos que compõe a alvenaria em <i>drywall</i>	36
Figura 8 - Fixação no piso.....	36
Figura 9 - Encontro de chapas formando um L.....	37
Figura 10 - Encontro de chapas formando um T.....	37
Figura 11 - Encontro com alvenaria convêncional.....	38
Figura 12 - Fluxograma de elaboração da pesquisa.....	41
Figura 13 - Corte esquemático da edificação.....	43
Figura 14 - Vista 3D da estrutura.....	44
Figura 15 - Criação do edifício.....	45
Figura 16 - Pavimento 1: exemplificando a análise das fissuras.....	47
Figura 17 - Vista 3D da estrutura após alterações.....	49
Figura 18 - Pavimento 1: exemplificando a análise das fissuras.....	50
Figura 19 – Análise ELU.....	52
Figura 20 - Análise ELU.....	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Combinações últimas	20
Quadro 2 - Limites para deslocamentos.....	22
Quadro 3 - Limites para fissuras	24
Quadro 4 - Combinações de serviço	25
Quadro 5 - Peso das alvenarias em bloco cerâmico	32
Quadro 6 - Peso das alvenarias em <i>drywall</i>	38
Quadro 7 - Comparativo alvenaria de vedação em bloco cerâmico x <i>drywall</i>	39
Quadro 8 - Área por pavimento	42
Quadro 9 - Pavimento 1: exemplificando a análise das flechas nas lajes	52
Quadro 10 - Pavimento 1: exemplificando as análises das flechas nas vigas	53
Quadro 11 - Pavimento 1: exemplificando a análise das flechas nas lajes.....	56
Quadro 12 - Pavimento 1: exemplificando a análise das flechas nas vigas.....	57
Quadro 13 - Comparativo da seção dos pilares	59
Quadro 14 - Comparativo dimensões das sapatas.....	61
Quadro 15 - Custos formas de nervuras (Bloco cerâmico).....	64
Quadro 16 - Custos vigotas treliçadas (Bloco cerâmico)	64
Quadro 17 - Custo formas de nervuras (<i>Drywall</i>)	65
Quadro 18 - Custos vigotas treliçadas (<i>Drywall</i>).....	65
Quadro 19 – Quantitativo de material usado na estrutura para bloco cerâmico	66
Quadro 20 - Quantidade de material usado na estrutura para <i>drywall</i>	67
Quadro 21 - Resumo de materiais bloco cerâmico.....	69
Quadro 22 - Resumo de materiais <i>drywall</i>	69
Quadro 23 - Orçamento das estruturas.....	71
Quadro 24 - Resumo dos orçamentos	77

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

Siglas

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- CA – Concreto Armado
- ELS – Estado Limite de Serviço
- ELU – Estado Limite de Último
- EPS – Poliestireno Expandido
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- NBR – Norma Brasileira Regulamentadora
- SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
1.1.	Justificativa	15
1.2.	Objetivos	16
1.2.1.	Objetivo Geral	16
1.2.2.	Objetivos Específicos	16
1.3.	Escopo do Trabalho	16
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1.	Estruturas de concreto armado	18
2.2.	TQS	18
2.3.	Análise e melhoramento estrutural	19
2.3.1.	Estado limite último – ELU	19
2.3.2.	Combinações últimas	20
2.3.3.	Estado limite de serviço – ELS	21
2.3.4.	Deslocamentos limites	21
2.3.5.	Controle de fissuração	24
2.3.6.	Combinações de serviço	25
2.4.	ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO	26
2.4.1.	Lajes	26
2.4.2.	Vigas	27
2.4.3.	Pilares	27
2.4.4.	Fundações	28
2.4.4.1.	Sapatas	28
2.5.	ALVENARIA DE VEDAÇÃO	29
2.5.1.	Alvenaria de vedação com bloco cerâmico	29
2.5.1.1.	Execução	30
2.5.1.2.	Carga gerada na estrutura	32
2.5.2.	Alvenaria de vedação em drywall	33
2.5.2.1.	Execução	35
2.5.2.2.	Carga gerada na estrutura	38
2.5.3.	Comparativo alvenaria de vedação bloco cerâmico x drywall	39
2.6.	ORÇAMENTO DE OBRA COM BASE NO SINAPI	40
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	41

3.1.	Análise do projeto arquitetônico	42
3.2.	Modelagem da estrutura com as cargas de bloco cerâmico	43
3.2.1.	<i>Análise do ELU e ELS.....</i>	<i>46</i>
3.3.	Modelagem da estrutura com as cargas de <i>drywall</i>	47
3.3.1.	<i>Melhoramento da estrutura.....</i>	<i>48</i>
3.3.2.	<i>Análise do ELU e ELS.....</i>	<i>49</i>
3.4.	Extração do quantitativo de material.....	50
3.5.	Elaboração do orçamento	50
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	52
4.1.	ELU e ELS.....	52
4.1.1.	<i>Estrutura com as cargas de alvenaria em bloco cerâmico</i>	<i>52</i>
4.1.2.	<i>Estrutura com as cargas de alvenaria em drywall.....</i>	<i>55</i>
4.2.	Melhoramento da estrutura	58
4.3.	Economia de material	64
4.4.	Valor de cada estrutura	70
5.	CONCLUSÕES	78
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
	ANEXO A – Alvenarias internas planta baixa.....	82
	ANEXO B – Plantas de formas	84

1. INTRODUÇÃO

A construção civil vem obtendo constantes melhorias ao longo da evolução humana. Um dos principais fatores que contribuem para isso é o avanço da tecnologia, que traz consigo materiais alternativos com características diferentes dos tradicionais capazes de manter a mesma funcionalidade, entretanto nem sempre são mais baratos.

A alvenaria passou por diversas mudanças desde sua fase inicial, dentre elas, uma das principais foi se tornar apenas elemento de vedação, quando utilizadas para tal, onde conforme a NBR 6118 (ABNT, 2014) sua principal responsabilidade é separar ambientes e receber apenas cargas de ocupação. O fator principal que contribuiu para que as alvenarias fossem dispostas apenas para as finalidades citadas foi o surgimento do concreto armado que passou a ser empregado nas estruturas para suportar os esforços de tração e compressão, combinando o uso do aço e do concreto.

A escolha da técnica construtiva para a alvenaria de vedação que irá ser empregada em uma edificação é um fator muito importante para a elaboração dos projetos de construção civil, visto que esses fechamentos verticais podem ser executados com materiais diferentes. Assim, influenciam diretamente na eficiência, praticidade e custos da obra. Nesse sentido, segundo Simas (2011) a alvenaria em blocos cerâmicos é uma técnica tradicional amplamente utilizada no Brasil, porém, é preciso considerar alternativas mais modernas, como a alvenaria em *drywall*, que tem ganhado espaço no mercado.

Sendo assim, segundo Placo (2014 *apud* Guerrero, 2020) o gesso acartonado é um material mais leve e pré-fabricado, nesse contexto esse seria um excelente meio alternativo para ser utilizado em edificações com maiores números de pavimentos, pois teria uma menor exigência da estrutura, dando possibilidades para que fosse feito um melhoramento estrutural diminuindo a quantidade de material utilizado na estrutura e assim compensado o valor mais elevado do *drywall*.

Portanto, com o intuito de avaliar a viabilidade econômica de substituir a alvenaria de vedação em blocos cerâmicos pelo sistema construtivo em *drywall* em um edifício misto, o presente trabalho objetiva comparar os custos de acordo com a quantidade de material necessária em cada método construtivo mencionado, tomando

como base a tabela SINAPI, não levando em consideração o custo com frete visto que na tabela esse parâmetro não é levado em consideração.

1.1. Justificativa

Na construção civil, a questão econômica é crucial, uma vez que os custos de construção são significativos. No entanto, o desperdício é um problema comum, uma vez que o canteiro de obras é a própria fábrica da edificação, resultando em perdas financeiras e geração de resíduos.

De acordo com Pinto (1999 *apud* Amadei et al., 2011), o desperdício na fase de construção pode chegar a 20% a 30% do total de materiais, dependendo da qualidade da execução. Essas perdas representam prejuízos financeiros consideráveis para as empresas e para o setor como um todo.

Nesse contexto, durante o processo de execução da alvenaria em bloco cerâmico há um desperdício relevante de material, sua produção é feita na obra de modo que quem mede a quantidade de material que vai ser usado ou desperdiçado é quem está executando o serviço que na maioria das vezes não é o dono, mas sim profissionais contratados para tal finalidade.

Em contra partida o *drywall* é um material pré fabricado com diversas vantagens, sendo elas a fabricação em larga escala e montagem rápida no local, maior qualidade e controle durante a fabricação, economia com desperdícios, uma estrutura menos robusta, visto que seu material é mais leve, e entre outras vantagens que são comparadas ao decorrer da pesquisa.

Nesse cenário, foi visto que o *drywall*, apesar de ser um material mais caro, gera menos peso na estrutura e acaba diminuindo a quantidade de materiais utilizados na mesma. Assim, a pesquisa busca realizar o melhoramento estrutural com a substituição das cargas de bloco cerâmico por *drywall* e comparar o custo total da edificação, visando reduzir o valor total que seria gasto para a construção do edifício.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Geral

O objetivo geral do trabalho é comparar o orçamento da edificação que a estrutura está submetida as cargas com alvenaria de vedação interna em bloco cerâmico ao da edificação que contém as cargas da alvenaria em *drywall*, a fim de verificar se essa substituição é capaz de gerar economia financeira para a obra.

1.2.2. Objetivos Específicos

Para que se possa chegar ao objetivo geral é necessário que sejam feitos os seguintes objetivos específicos:

- Modelar a estrutura considerando as cargas da alvenaria em bloco cerâmico;
- Realizar a substituição das cargas de alvenaria para *drywall* e o melhoramento estrutural;
- Elaborar o orçamento para as duas edificações de acordo com o Sistema Nacional de Índices da Construção Civil – SINAPI;

1.3. Escopo do Trabalho

Esse trabalho está dividido em 5 capítulos, sendo eles:

O capítulo 1 contém a introdução, justificativa e os objetivos.

O capítulo 2 abrange todo o referencial teórico utilizado como base para os métodos empregados no desenvolvimento da pesquisa.

O capítulo 3 apresenta a metodologia e os materiais utilizados para o desenvolvimento do trabalho.

O capítulo 4 evidencia os resultados obtidos em função de todo o estudo elaborado e também as discussões.

O capítulo 5 abrange todo o estudo abordando a conclusão do mesmo.

No anexo A está contido as plantas baixas dos pavimentos que compõem o edifício.

No anexo B estão representadas as plantas de formas tanto da estrutura considerando as cargas da alvenaria em bloco cerâmico como em *drywall*.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Estruturas de concreto armado

O concreto armado é um material de construção amplamente utilizado em todo o mundo devido às suas excelentes propriedades de resistência e durabilidade. Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014), o concreto armado é definido como um material composto por concreto e armaduras, onde as armaduras são dispostas com a finalidade de resistir aos esforços de tração e o concreto é responsável por absorver as tensões de compressão.

Segundo Botelho e Marchetti (2018) o concreto armado é uma solução que alia resistência à compressão do concreto com a capacidade de absorção de tensões de tração do aço, resultando em uma estrutura capaz de suportar altas cargas e deformações.

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014), é necessário que seja garantida a durabilidade das estruturas ao longo da sua vida útil, de acordo com as condições apresentados no momento em que são projetadas. Além disso, devem manter-se estáveis e atender as condições para uso enquanto durarem.

O dimensionamento e análise das estruturas manual demanda muito tempo, assim o processo se torna mais produtivo quando feito através de *softwares* comerciais que tornam o processo altamente produtivo, dentre eles destaca-se aqui o TQS.

2.2. TQS

Segundo Silva e Cruz (2017 *apud* Sá, 2021) o TQS é um *software* utilizado por vários escritórios e engenheiros civis que atuam fazendo projetos estruturais. Ele permite que o usuário faça desde a parte inicial do projeto, concepção dos elementos estruturais, até a análise do comportamento e a fase final onde é feito o detalhamento dos elementos e geração das pranchas que irão para a obra. Vale mencionar que no *software* dá para configurar para que todas essas etapas sigam a NBR 6118-2014.

2.3. Análise e melhoramento estrutural

O autor Kripka (2020) define análise estrutural como sendo o estudo das forças e dos deslocamentos que estão atuando no edifício ao longo de sua vida útil. Sendo assim uma estrutura é considerada estável quando ela é capaz de suportar todas as forças que está recebendo e tendo um comportamento aceitável, de acordo com a NBR 6118 (2014), tanto no estado limite último como no estado limite de serviço.

A partir da análise da estrutura o projetista pode tomar decisões com o intuito de melhorar o projeto trazendo benefícios econômicos e até mesmo diminuindo o peso próprio dos elementos, destaca-se, portanto, no presente trabalho a análise do estado limite último e do estado limite de serviço para melhoria da estrutura.

Vale mencionar que no estudo em questão não foi levado em consideração a influência do vento em nenhuma das estruturas.

2.3.1. Estado limite último – ELU

Conforme a NBR 6118 (ABNT, 2014) estado limite último está relacionado ao colapso do empreendimento, ou qualquer ruína, que torne inviável o seu uso. Para a mesma a estrutura deve ser verificada quanto aos seguintes limites, (ABNT, 2014, p.56),

- a) estado-limite último da perda do equilíbrio da estrutura, admitida como corpo rígido;
- b) estado-limite último de esgotamento da capacidade resistente da estrutura, no seu todo ou em parte, devido às solicitações normais e tangenciais, admitindo-se a redistribuição de esforços internos, desde que seja respeitada a capacidade de adaptação plástica definida na Seção 14, e admitindo-se, em geral, as verificações separadas das solicitações normais e tangenciais; todavia, quando a interação entre elas for importante, ela estará explicitamente indicada nesta Norma;
- c) estado-limite último de esgotamento da capacidade resistente da estrutura, no seu todo ou em parte, considerando os efeitos de segunda ordem;
- d) estado-limite último provocado por solicitações dinâmicas (ver Seção 23);
- e) estado-limite último de colapso progressivo;
- f) estado-limite último de esgotamento da capacidade resistente da estrutura, no seu todo ou em parte, considerando exposição ao fogo, conforme a ABNT NBR 15200;
- g) estado-limite último de esgotamento da capacidade resistente da estrutura, considerando ações sísmicas, de acordo com a ABNT NBR 15421;
- h) outros estados-limites últimos que eventualmente possam ocorrer em casos especiais.

2.3.2. Combinações últimas

Segundo a NBR 6118-2014 as combinações podem ser normais, especial ou de construção e excepcionais. A norma traz em seu texto o Quadro 1, onde estão dispostas essas combinações supracitadas.

Quadro 1 - Combinações últimas

Combinações últimas (ELU)	Descrição	Cálculo das solicitações
Normais	Esgotamento da capacidade resistente para elementos estruturais de concreto armado (a)	$F_d = \gamma_g \cdot F_{gk} + \gamma_{\varepsilon g} \cdot F_{\varepsilon gk} + \gamma_q \cdot (F_{q1k} + \sum \psi_{0j} \cdot F_{qjk}) + \gamma_{\varepsilon q} \cdot \psi_{0\varepsilon} \cdot F_{\varepsilon qk}$
	Esgotamento da capacidade resistente para elementos estruturais de concreto protendido	Deve ser considerada, quando necessário, a força de protensão como carregamento externo com os valores $P_{k\max}$ e $P_{k\min}$ para a força desfavorável e favorável, respectivamente, conforme definido na Seção 9
	Perda do equilíbrio como corpo rígido	$S(F_{sd}) \geq S(F_{nd})$ $F_{sd} = \gamma_{gs} \cdot G_{sk} + R_d$ $F_{nd} = \gamma_{gn} \cdot G_{nk} + \gamma_q \cdot Q_{nk} - \gamma_{qs} \cdot Q_s, \text{ min; onde: } Q_{nk} = Q_{1k} + \sum \psi_{0j} Q_{jk}$
Especiais ou de construção (b)	$F_d = \gamma_g \cdot F_{gk} + \gamma_{\varepsilon g} \cdot F_{\varepsilon gk} + \gamma_q \cdot (F_{q1k} + \sum \psi_{0j} F_{qjk}) + \gamma_{\varepsilon q} \cdot \psi_{0\varepsilon} \cdot F_{\varepsilon qk}$	
Excepcionais (b)	$F_d = \gamma_g \cdot F_{gk} + \gamma_{\varepsilon g} \cdot F_{\varepsilon gk} + F_{q1exc} + \gamma_q \cdot \sum \psi_{0j} \cdot F_{qjk} + \gamma_{\varepsilon q} \cdot \psi_{0\varepsilon} \cdot F_{\varepsilon qk}$	
<p>Onde:</p> <p>F_d é o valor de cálculo das ações para combinação última; F_{gk} representa as ações permanentes diretas; $F_{\varepsilon k}$ representa as ações indiretas permanentes como a retração $F_{\varepsilon gk}$ e variáveis como a temperatura $F_{\varepsilon qk}$; F_{qk} representa as ações variáveis diretas das quais F_{q1k} é escolhida principal; $\gamma_g, \gamma_{\varepsilon g}, \gamma_q, \gamma_{\varepsilon q}$ ver Tabela 11.1 da NBR 6118-2014;</p>		

ψ_{0j} , $\psi_{0\epsilon}$ ver Tabela 11.2 da NBR 6118-2014;
Fsd representa as ações estabilizantes;
Fnd representa as ações não estabilizantes;
Gsk é o valor característico da ação permanente estabilizante;
Rd é o esforço resistente considerado estabilizante, quando houver;
Gnk é o valor característico da ação permanente instabilizante;
 $Q_{nk} = Q_{1k} + \sum_{j=2}^m \psi_{0j} Q_{jk}$
Qnk é o valor característico das ações variáveis instabilizantes;
Q1k é o valor característico da ação variável instabilizante considerada principal;
 ψ_{0j} e Q_{jk} são as demais ações variáveis instabilizantes, consideradas com seu valor reduzido;
Qs, min é o valor característico mínimo da ação variável estabilizante que acompanha obrigatoriamente uma ação variável instabilizante.

- (a) No caso geral, devem ser consideradas inclusive combinações onde o efeito favorável das cargas permanentes seja reduzido pela consideração de $\gamma_g = 1,0$. No caso de estruturas usuais de edifícios, essas combinações que consideram γ_g reduzido (1,0) não precisam ser consideradas.
- (b) Quando F_{q1k} ou F_{q1exc} atuarem em tempo muito pequeno ou tiverem probabilidade de ocorrência muito baixa, ψ_{0j} pode ser substituído por ψ_{2j} . Este pode ser o caso para ações sísmicas e situação de incêndio.

Fonte: Adaptado de ABNT (2014)

2.3.3. Estado limite de serviço – ELS

Ainda conforme a NBR 6118 (ABNT, 2014), estados limites de serviço são aqueles relacionados ao conforto do usuário, à durabilidade, aparência e boa utilização das estruturas, sejam as ações causadas pelos usuários, máquinas ou equipamentos que estão sobre a edificação.

2.3.4. Deslocamentos limites

“Deslocamentos-limites são valores práticos utilizados para verificação em serviço do estado-limite de deformações excessivas da estrutura.” (ABNT, 2014, p76). Ainda conforme a ABNT os deslocamentos são divididos em quatro grupos, sendo eles: (ABNT, 2014, p. 76 e 77),

- a) *aceitabilidade sensorial: o limite é caracterizado por vibrações indesejáveis ou efeito visual desagradável. A limitação da flecha para prevenir essas vibrações, em situações especiais de utilização, deve ser realizada como estabelecido na Seção 23;*
- b) *efeitos específicos: os deslocamentos podem impedir a utilização adequada da construção;*

- c) *efeitos em elementos não estruturais: deslocamentos estruturais podem ocasionar o mau funcionamento de elementos que, apesar de não fazerem parte da estrutura, estão a ela ligados;*
- d) *efeitos em elementos estruturais: os deslocamentos podem afetar o comportamento do elemento estrutural, provocando afastamento em relação às hipóteses de cálculo adotadas. Se os deslocamentos forem relevantes para o elemento considerado, seus efeitos sobre as tensões ou sobre a estabilidade da estrutura devem ser considerados, incorporando-as ao modelo estrutural adotado.*

No Quadro 2 estão dispostos valores-limites de deslocamentos com a finalidade de proporcionar comportamento aceitável da estrutura em serviço.

Quadro 2 - Limites para deslocamentos

Tipo de efeito	Razão da limitação	Exemplo	Deslocamento a considera	Deslocamento-l limite
Aceitabilidade Visual	Visual	Deslocamentos visíveis em elementos estruturais	Total	l/250
	Outro	Vibrações sentidas no piso	Devido a cargas acidentais	l/350
Efeitos estruturais em serviço	Superfícies que devem drenar água	Coberturas e varandas	Total	l/250 (a)
	Pavimentos que devem permanecer planos	Ginásios e pistas de boliche	Total	l/250 + contraflecha (b)
			Ocorrido após Construção do piso	l/600
Elementos que suportam equipamentos sensíveis	Laboratórios	Ocorrido após nivelamento do equipamento	De acordo com recomendação do fabricante do equipamento	
Efeitos em elementos não estruturais	Paredes	Alvenaria, caixilhos e revestimentos	Após a construção da parede	l/500 (c) e 10 mm e $\theta = 0,0017$ rad (d)
		Divisórias leves e caixilhos telescópicos	Ocorrido após a instalação da divisória	l/250 (c) e 25 mm
		Movimento lateral de edifícios	Provocado pela ação do vento para combinação	H/1 700 e Hi/850 (e) entre pavimentos (f)

			frequente ($\psi_1 = 0,30$)	
		Movimentos térmicos verticais	Provocado por diferença de temperatura	L/400 (g) e 15 mm
Efeitos em elementos não estruturais	Forros	Movimentos térmicos horizontais	Provocado por diferença de temperatura	Hi/500
		Revestimentos colados	Ocorrido após a construção do forro	I/350
		Revestimentos pendurados ou com juntas	Deslocamento ocorrido após a construção do forro	I/175
	Pontes rolantes	Desalinhamen o de trilhos	Deslocamento provocado pelas ações decorrentes da frenagem	H/400
Efeitos em elementos estruturais	Afastamento em relação às hipóteses de cálculo adotadas	Se os deslocamentos forem relevantes para o elemento considerado, seus efeitos sobre as tensões ou sobre a estabilidade da estrutura devem ser considerados, incorporando-os ao modelo estrutural adotado.		
<p>(a) As superfícies devem ser suficientemente inclinadas ou o deslocamento previsto compensado por contra-flechas, de modo a não se ter acúmulo de água.</p> <p>(b) Os deslocamentos podem ser parcialmente compensados pela especificação de contraflechas. Entretanto, a atuação isolada da contraflecha não pode ocasionar um desvio do plano maior que I/350.</p> <p>(c) O vão I deve ser tomado na direção na qual a parede ou a divisória se desenvolve.</p> <p>(d) Rotação nos elementos que suportam paredes.</p> <p>(e) H é a altura total do edifício e Hi o desnível entre dois pavimentos vizinhos.</p> <p>(f) Esse limite aplica-se ao deslocamento lateral entre dois pavimentos consecutivos, devido à atuação de ações horizontais. Não podem ser incluídos os deslocamentos devidos a deformações axiais nos pilares. O limite também se aplica ao deslocamento vertical relativo das extremidades de lintéis conectados a duas paredes de contraventamento, quando Hi representa o comprimento do lintel.</p> <p>(g) O valor I refere-se à distância entre o pilar externo e o primeiro pilar interno.</p>				
Notas:				

- 1 Todos os valores-limites de deslocamentos supõem elementos de vão l suportados em ambas as extremidades por apoios que não se movem. Quando se tratar de balanços, o vão equivalente a ser considerado deve ser o dobro do comprimento do balanço.
- 2 Para o caso de elementos de superfície, os limites prescritos consideram que o valor l é o menor vão, exceto em casos de verificação de paredes e divisórias, onde interessa a direção na qual a parede ou divisória se desenvolve, limitando-se esse valor a duas vezes o vão menor.
- 3 O deslocamento total deve ser obtido a partir da combinação das ações características ponderadas pelos coeficientes detinidos na Seção 11 da NBR 6118-2014.
- 4 Deslocamentos excessivos podem ser parcialmente compensados por contraflechas.

Fonte: Adaptado de ABNT (2014)

2.3.5. Controle de fissuração

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014) apesar de todo o controle a fissuração de elementos em concreto armado é inevitável em função da grande variabilidade e pelo fato de o concreto ter baixa resistência a tração, sendo assim a norma traz o Quadro 3 com a finalidade de controlar a fissuração nos elementos de acordo com a aceitabilidade sensorial.

Quadro 3 - Limites para fissuras

Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências realtivas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	-
Concreto Armado	CAA I	ELS-W wk ≤ 0,4 mm	Combinação frequente
	CAA II e CAA III	ELS-W wk ≤ 0,3 mm	
	CAA IV	ELS-W wk ≤ 0,2 mm	
Concreto protendido nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração com CAA I ou Pós-tração com CAA I e II	ELS-W wk ≤ 0,2 mm	Combinação frequente
Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração com CAA II ou Pós-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação frequente
		ELS-D (a)	Combinação quase permanente

Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências reais à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto protendido nível 3 (protensão completa)	Pré-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação rara
		ELS-D (a)	Combinação frequente
(a) A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com $a_p = 50$ mm (Figura 3.1 NBR 6118-2014). Notas: 1 As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2 da NBR 6118-2014. 2 Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV, exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens. 3 No projeto de lajes lisas e cogumelo protendidas, basta ser atendido o ELS-F para a combinação frequente das ações, em todas as classes de agressividade ambiental.			

Fonte: Adaptado de ABNT (2014)

2.3.6. Combinações de serviço

Conforme a NBR 6118-2014 as combinações de serviço são classificadas de acordo com a permanência na estrutura e devem ser verificadas como quase permanentes, frequentes e raras.

As permanentes podem atuar durante grande tempo na estrutura e é necessário ser levada em consideração para verificação de deformações excessivas. As frequentes são repetidas muitas vezes na estrutura e deve ser considerada na formação e abertura de fissuras e também vibrações excessivas. Já as raras ocorrem poucas vezes e devem ser consideradas na formação de fissuras.

No Quadro 4 está presente de forma resumida como essas combinações devem ser consideradas.

Quadro 4 - Combinações de serviço

Combinações de serviço (ELS)	Descrição	Cálculo das solicitações
Combinações quase permanentes de serviço	Nas combinações quase permanentes de serviço, todas as ações variáveis são	$F_{d, ser} = \sum F_{gi, k} + \sum \psi_{2j} \cdot F_{qj, k}$

(CQP)	consideradas com seus valores quase permanentes $\psi_2 F_{qk}$	
Combinações frequentes de serviço (CF)	Nas combinações frequentes de serviço, a ação variável principal F_{q1} é tomada com seu valor frequente $\psi_1 F_{q1k}$ e todas as demais ações variáveis são tomadas com seus valores quase permanentes $\psi_2 F_{qk}$	$F_{d, ser} = \sum F_{gik} + \psi_1 \cdot F_{q1k} + \sum \psi_2 j \cdot F_{qjk}$
Combinações raras de serviço (CR)	Nas combinações raras de serviço, a ação variável principal F_{q1} é tomada com seu valor característico F_{q1k} e todas as demais ações são tomadas com seus valores frequentes $\psi_1 F_{qk}$	$F_{d, ser} = \sum F_{gik} + F_{q1k} + \sum \psi_1 j \cdot F_{qjk}$
<p>$F_{d, ser}$ é o valor de cálculo das ações para combinações de serviço; F_{q1k} é o valor característico das ações variáveis principais diretas; ψ_1 é o fator de redução de combinação frequente para ELS; ψ_2 é o fator de redução de combinação quase permanente para ELS.</p>		

Fonte: Adaptado de ABNT (2014)

2.4. ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO

Esses elementos possuem como definição, de acordo com o item 3 da NBR 6118-2014 “aqueles cujo comportamento estrutural depende da aderência entre concreto e armadura, e nos quais não se aplicam alongamentos iniciais das armaduras antes da materialização dessa aderência.” (ABNT, 2014, p. 3).

Para Chust (2015 *apud* Ferreira, 2021), elementos estruturais são peças que compõem uma estrutura, como por exemplo lajes, vigas, pilares, fundações, etc.

2.4.1. Lajes

Segundo Vizoto; Sartotr (2012 *apud* Paixão, 2023), lajes são elementos laminares amplamente utilizado em construções civis, são responsáveis por serem elementos de pisos ou tetos dos empreendimentos e também são utilizadas como

fundo de escadas, fundo e tampa de caixa d'água. É o primeiro componente estrutural a absorver as forças, sendo elas verticais advindas dos usuários, elementos que estão sob e até mesmo o peso próprio.

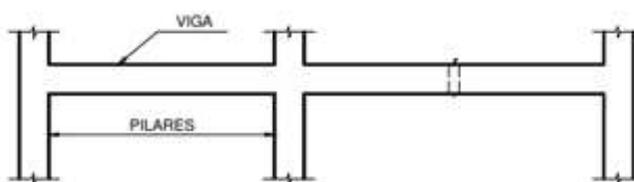
2.4.2. Vigas

A NBR 6118 (ABNT, 2014) define viga como elementos lineares, onde o comprimento longitudinal é maior, pelo menos três vezes, que a maior dimensão da seção transversal. Além disso, ainda conforme a NBR as vigas são elementos que estão predominantemente sofrendo esforços de flexão. Hibbeler (2010) completa essa definição citando que as vigas devem suportar as cargas aplicadas perpendiculares a seus eixos longitudinais. Na Figura 1 pode ser vista a representação desse elemento.

No item 13.2.3 da NBR 6118 (ABNT, 2014) são definidas as dimensões mínimas para vigas, sendo elas: (ABNT, 2014, p. 73),

- a) *A seção transversal das vigas não pode apresentar largura menor que 12 cm e a das vigas-parede, menor que 15 cm. Estes limites podem ser reduzidos, respeitando-se um mínimo absoluto de 10 cm em casos excepcionais, sendo obrigatoriamente respeitadas as seguintes condições:*
- b) *alojamento das armaduras e suas interferências com as armaduras de outros elementos estruturais, respeitando os espaçamentos e cobrimentos estabelecidos nesta Norma;*
- c) *lançamento e vibração do concreto de acordo com a ABNT NBR 14931.*

Figura 1 - Elemento de concreto armado: viga



Fonte: Adaptado de Bastos (2006)

2.4.3. Pilares

A NBR 6118 (ABNT, 2014) define pilares como elementos lineares com eixo reto, geralmente dispostos na vertical e que sofrem esforços, principalmente, de compressão. Chust (2015 *apud* Ferreira, 2021) complementa a importância estrutural

dos pilares, pois além de transmitirem as cargas para as fundações, também são responsáveis por garantir a estabilidade global da estrutura quando a mesma está sujeita a esforços verticais e horizontais. Esse elemento está representado na Figura 1.

A NBR 6118 (ABNT, 2014) cita várias verificações que devem ser feitas nos pilares, como flambagem e também as dimensões para pilares, sendo elas as seguintes: (ABNT, 2014, p. 73),

- a) *A seção transversal de pilares e pilares-parede maciços, qualquer que seja a sua forma, não pode apresentar dimensão menor que 19 cm.*
- b) *Em casos especiais, permite-se a consideração de dimensões entre 19 cm e 14 cm, desde que se multipliquem os esforços solicitantes de cálculo a serem considerados no dimensionamento por um coeficiente adicional gama n, de acordo com o indicado na Tabela 13.1 e na Seção 11. Em qualquer caso, não se permite pilar com seção transversal de área inferior a 360 cm².*

2.4.4. Fundações

As fundações são divididas em dois grupos as superficiais (ou diretas ou rasas) e as profundas. A NBR 6122 (ABNT, 2019) define como profundas as fundações cujo sua profundidade é maior que duas vezes sua menor dimensão. Ainda conforme a NBR 6122 (ABNT, 2019) alguns exemplos de fundações rasas são os blocos, sapatas, sapata associada, etc. Alguns exemplos de fundações profundas são estacas, tubulões e caixões.

2.4.4.1. Sapatas

A NBR 6122 (ABNT, 2019) define sapatas como elementos de fundações rasas, de concreto armado, dimensionados com a finalidade de resistir aos esforços de tração através das armaduras.

Os autores Velloso e Lopes (2010) trazem vários conceitos em seu livro, onde para eles os principais fatores que devem ser levados em consideração para a escolha da fundação é o estudo do terreno, nível do lençol freáticos, situação geográfica da edificação, análise das reações, etc. Ainda conforme os autores a classificação das sapatas em relação a forma como transferem as cargas para o solo, sendo elas isolada, associada, corrida ou alavancada.

2.5. ALVENARIA DE VEDAÇÃO

O autor Bauer (2014), cita que inicialmente a função da vedação era abrigar os animais e humanos das intempéries, mas que com o desenvolvimento da construção civil foi necessário que esses elementos se adequassem as necessidades que estão relacionadas ao conforto térmico, acústico e resistência mínima de estrutura a fim de evitar patologias nos empreendimentos.

A NBR 15575-4 (ABNT, 2013) traz como definição, de acordo com o item 3, para sistemas de vedação vertical interno e externo como sendo os elementos que limitam verticalmente a edificação e os ambientes internamente e externamente. Além disso, conforme a NBR 15270-1 (ABNT, 2017) alvenaria de vedação é um elemento que não participa da estrutura na absorção de esforços.

Atualmente existem vários materiais alternativos disponíveis no mercado que podem ser utilizados como fechamento vertical cada um possuindo suas vantagens e desvantagens, na pesquisa serão abordados o sistema construtivo em bloco cerâmico e o em *drywall*.

2.5.1. Alvenaria de vedação com bloco cerâmico

Os autores Persekian e Soara (2010) definem que esse sistema construtivo é constituído por blocos ou tijolos unidos por juntas de argamassa, essa combinação resulta em um composto rígido e unificado. A função principal da alvenaria é dividir os cômodos da edificação e absorver cargas de uso distribuindo as mesmas para os elementos estruturais que são dimensionados para resistirem a esses esforços.

Simas (2011) cita que esse é o principal sistema construtivo utilizado hoje no Brasil. Para o mesmo isso se dá devido a questões culturais e também resistência a novas tecnologias e materiais alternativos.

Entretanto apesar de ser o tipo de fechamento vertical mais empregado, segundo Sabbatini e Barros (1993 *apud* Ribeiro e Freitas, 2021), também é muito falho devido ao grande desperdício que é gerado nas obras e isso afeta diretamente o custo total da obra, gerando assim gastos desnecessários.

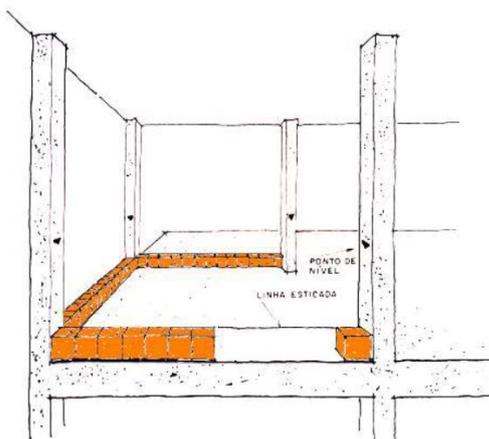
Assim como qualquer outro tipo de material destinado a alvenaria de vedação esse possui suas vantagens e desvantagens. O professor Valin Júnior (2017) cita que algumas vantagens que a alvenaria tem é a maior durabilidade do material, aceitação dos usuários, boa capacidade de isolamento térmico e acústico e alta resistência ao fogo. Entretanto algumas desvantagens que estão ligadas a esse sistema construtivo é a baixa produtividade durante a execução, desperdício de materiais, necessidade de muito revestimento devido a rugosidade e também o elevado peso que acaba influenciando na estrutura da edificação.

2.5.1.1. Execução

Os autores Thomaz *et al.* (2009) trazem em sua obra “código de práticas nº 01: alvenaria de vedação em blocos cerâmicos” algumas recomendações para serem seguidas no processo de execução das alvenarias em blocos cerâmicos o professor Bastos (2019) também traz em sua apostila “construção de edifícios” recomendações para a execução dessa alvenaria. Algumas recomendações são:

1º - Nesta etapa é feito todo o nivelamento do local onde a alvenaria será executada, para o nivelamento deve ser levado em consideração as cotas das soleiras de portas de elevador e de peitoris de janelas. A partir de então é feita a marcação da primeira fiada tomando como base a planta baixa do projeto arquitetônico, sua execução deve ser feita com auxílio de linha, esquadro, prumo e nível, conforme a Figura 2.

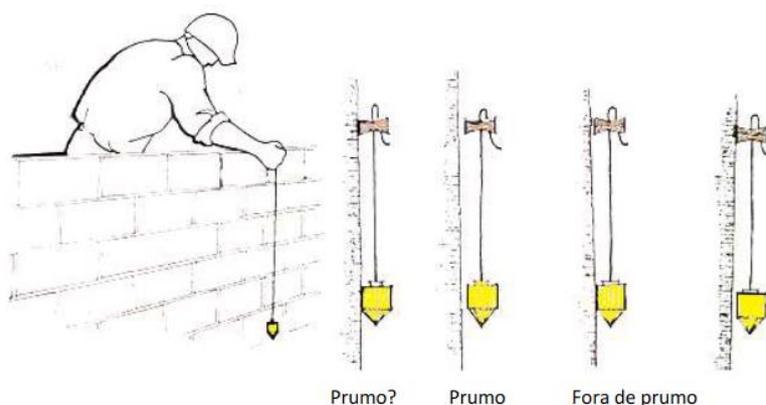
Figura 2 - Execução da primeira fiada



Fonte: Bastos (2019)

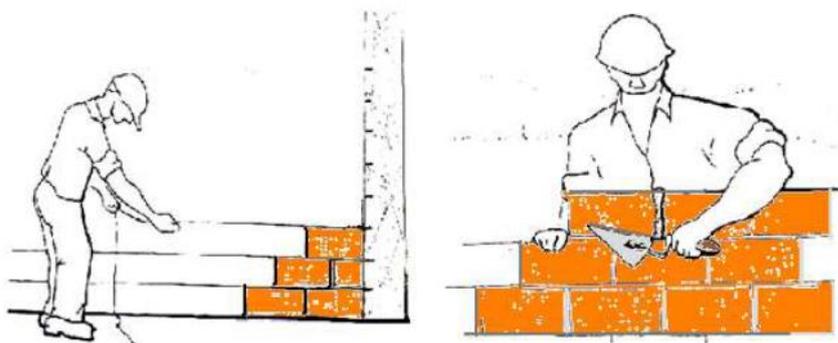
2º - Devem ser executados prumos, conforme ilustrado na Figura 3, nas extremidades das paredes para servirem de guias, os tijolos devem ser executados com a junta vertical desconectada, conforme a Figura 4, entre uma fiada e outra e também devem ser utilizadas régua pra o nivelamento ou linhas.

Figura 3 - Prumo em alvenaria



Fonte: Bastos (2019)

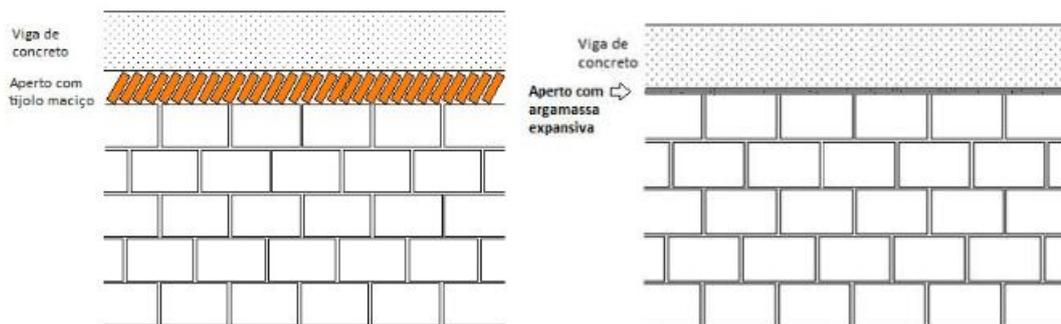
Figura 4 - Junta vertical desconectada



Fonte: Bastos (2019)

3º - O encunhamento, encontro da alvenaria com viga, geralmente é feito com tijolos maciços assentados inclinados ou com argamassa expansiva conforme a Figura 5.

Figura 5 - Encunhamento de alvenaria



Fonte: Bastos (2019)

2.5.1.2. Carga gerada na estrutura

A NBR 6120 (ABNT, 2019) diz em seu item 5.4 que o peso dos componentes construtivos pode ser estimado de acordo com o Quadro 5.

Quadro 5 - Peso das alvenarias em bloco cerâmico

Alvenaria	Espessura nominal do elemento (cm)	Peso – Espessura de revestimento por face (kN/m ²)		
		0 cm	1 cm	2 cm
Alvenaria Estrutural				
Bloco de concreto vazado (Classes A e B – ABNT NBR 6136)	14	2,0	2,3	2,7
	19	2,7	3,0	3,4
Bloco cerâmico vazado com paredes maciças (Furo vertical - ABNT NBR 15270-1)	14	2,0	2,3	2,7
Bloco cerâmico vazado com paredes vazadas (Furo vertical - ABNT NBR 15270-1)	9	1,1	1,5	1,9
	11,5	1,4	1,8	2,2
	14	1,7	2,1	2,5
Tijolo cerâmico maciço (ABNT NBR 15270-1)	19	2,3	2,7	3,1
	9	1,6	2,0	2,4
	11,5	2,1	2,5	2,9
	14	2,5	2,9	3,3
Bloco sílico-calcário vazado (Classe E - ABNT NBR 14974-1)	19	3,4	3,8	4,2
	9	1,1	1,5	1,9
	14	1,5	1,9	2,3

	19	1,9	2,3	2,7
Bloco sílico-calcário perfurado (Classes E, F e G - ABNT NBR 14974-1)	11,5	1,9	2,3	2,7
	14	2,1	2,5	2,9
	17,5	2,8	3,2	3,6
Alvenaria de Vedação				
Bloco de concreto vazado (Classe C – ABNT NBR 6136)	6,5	1,0	1,4	1,8
	9	1,1	1,5	1,9
	11,5	1,3	1,7	2,1
	14	1,4	1,8	2,2
	19	1,8	2,2	2,6
Bloco cerâmico vazado (Furo horizontal - ABNT NBR 15270-1)	9	0,7	1,1	1,6
	11,5	0,9	1,3	1,7
	14	1,1	1,5	1,9
	19	1,4	1,8	2,3
Bloco cerâmico vazado (Furo horizontal - ABNT NBR 15270-1)	7,5	0,5	0,9	1,3
	10	0,6	1,0	1,4
	12,5	0,8	1,2	1,6
	15	0,9	1,3	1,7
	17,5	1,1	1,5	1,9
	20	1,2	1,6	2,0
Bloco de vidro (decorativo, sem resistência ao fogo)	8	0,8	-	-
Nota Na composição de pesos de alvenarias desta Tabela foi considerado seguinte: <ul style="list-style-type: none"> - argamassa de assentamento vertical e horizontal de cal, cimento e areia com 1 cm de espessura e peso específico de 19 kN/m³; - revestimento com peso específico médio de 19 kN/m³; - proporção de um meio bloco para cada três blocos inteiros; - sem preenchimento de vazios (com graute etc.). 				

Fonte: Adaptado de ABNT (2019)

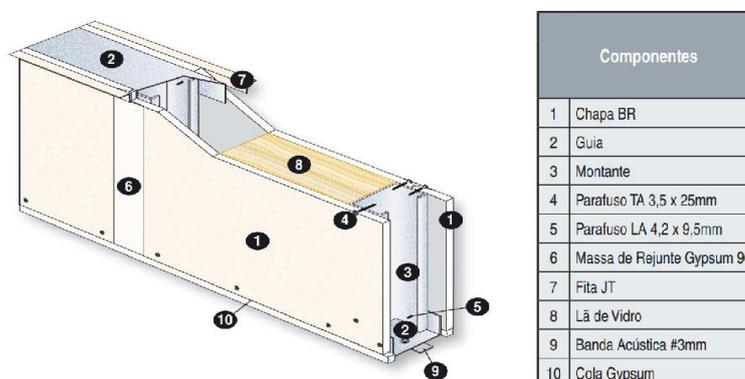
2.5.2. Alvenaria de vedação em *drywall*

Segundo Sabbatini e Barros (1993 *apud* Ribeiro e Freitas, 2021), o sistema construtivo em *drywall* é constituído por uma estrutura que pode ser metálica ou de madeira e por folha de *drywall*, que juntos desempenham a função de particionar os

ambientes. Pelo fato de não utilizar água, cimento e argamassa no seu processo construtivo esse tipo de execução é considerado seca.

A definição do autor Moura (2018 *apud* Carlos *et al.*, 2022) converge para a supracitada, para ele o *drywall* é constituído por aço galvanizado e chapa de gesso. No interior, entre uma chapa e outra, ele é oco e é lá onde ficam os componentes elétricos e hidráulicos, além disso também podem ser colocados materiais para melhorar o isolamento térmico e/ou acústico. Na Figura 6 estão ilustrados os componentes citados pelos autores e além deles também alguns outros componentes que estão mais ligados a conexões dessa estrutural e elementos extras para conforto térmico e acústico que não são essenciais, entretanto melhoram o sistema como todo.

Figura 6 - Componentes da alvenaria em *drywall*



Fonte: Adaptado de Gypsum *Drywall* (2014)

De acordo com a NBR 14715-1 (ABNT, 2010a) as chapas em gesso acartonado podem ser classificadas como standard que possuem a cor branca e são indicadas para áreas secas, resistente à umidade que possuem a cor verde ou ainda resistente ao fogo na cor rosa.

Esse sistema construtivo, conforme Rodrigues (2013), possui resistência à compressão e à maleabilidade, além disso proporciona rapidez no processo de execução e uma quantidade reduzida de resíduos no canteiro de obras.

O autor Labuto (2014) cita que pelo fato de possuírem uma espessura menor que as alvenarias convencionais acabam proporcionando um ganho de até 4% da área útil por unidade. Ainda conforme o autor as chapas de gesso acartonado possuem em sua composição duas moléculas de água que acabam proporcionando

a esse material elevada resistência ao fogo. Em caso de incêndio essa água vai sendo liberada gradativamente em forma de vapor, mas também há pontos negativos.

Segundo Lima (2012) algumas desvantagens que o *drywall* apresenta é a que em caso de pesos maiores que 35 quilos devem ser previstos para que sejam feitos reforços, além disso, conforme o SINAPI o custo da composição para alvenaria em *drywall* chega a ser maior que o dobro do custo da alvenaria em blocos cerâmicos. Entretanto apresenta como vantagens a facilidade para montagem e desmontagem, diminuição do peso na estrutura, maior facilidade de realizar manutenção nas instalações, entre outras.

2.5.2.1. Execução

Yazigi (2009) traz em seu livro algumas recomendações que devem ser seguidas na execução da alvenaria em *drywall*, sendo elas:

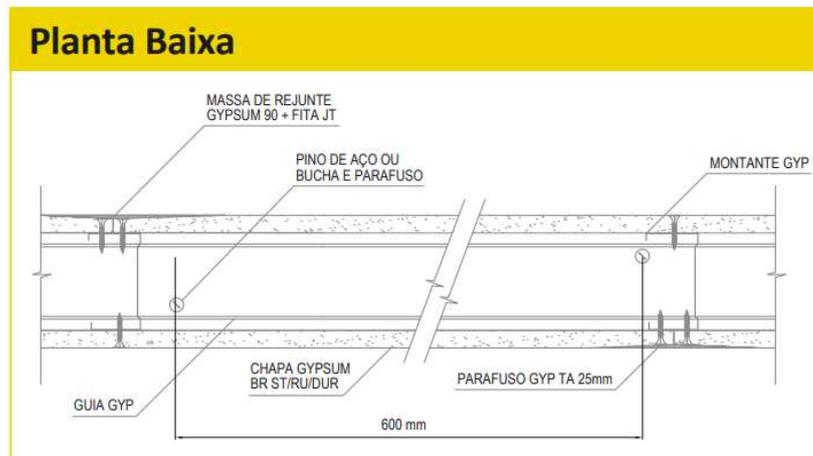
1º Demarcação e aplicação das guias: as guias devem ser fixadas a no máximo 60 cm no piso e no teto através de pino de aço, parafuso e bucha, prago de aço ou cola.

2º Colocação dos montantes: assim como as guias os montantes devem ser fixados a no máximo de 40 a 60 cm de distância, a depender das recomendações do fabricante e encaixados nas guias. Em caso de montante duplos devem ter distância de 40 cm e fixados com parafusos especiais.

3º Colocação das placas: nesta etapa as placas devem ser cortadas de acordo com a necessidade encontrada no ambiente para suas aberturas, elas são montadas encostadas no teto, as placas de um lado são colocadas de modo que as juntas do outro lado seja desencontrada e suas junções são sempre feitas por um montante. O espaçamento para parafusar as placas é de 30 cm.

A Figura 7 ilustra a configuração geral em planta envolvendo a interação das três etapas citadas anteriormente.

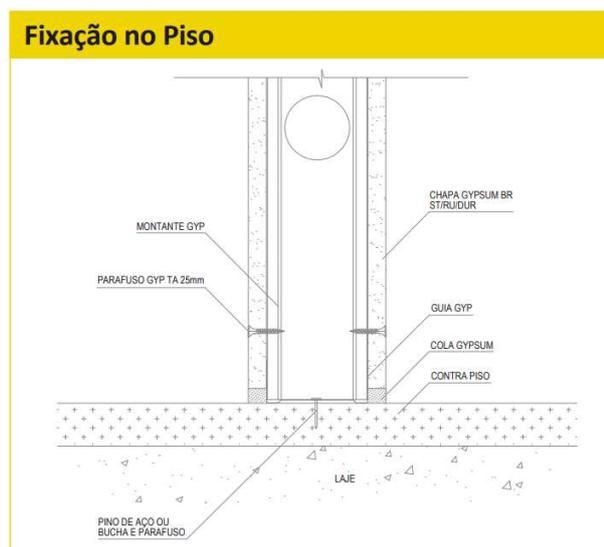
Figura 7 - Disposição dos elementos que compõe a alvenaria em *drywall*



Fonte: Gypsum *Drywall* (2014)

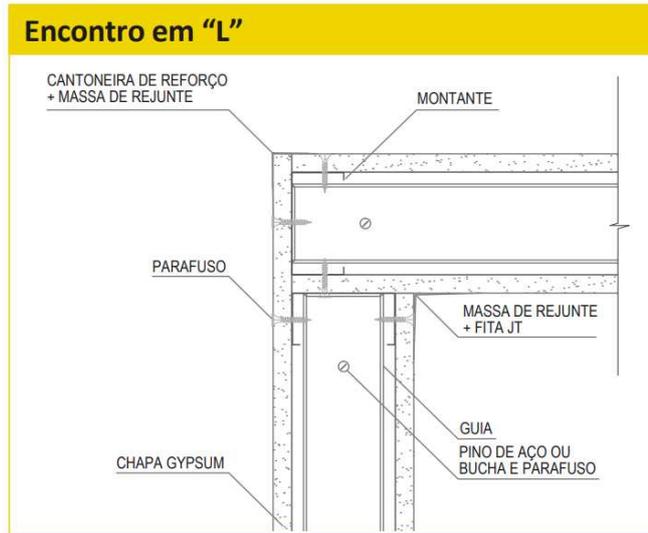
Abaixo, da Figura 8 a Figura 11 estão ilustradas algumas situações que podem ocorrer no processo de fixação desse sistema construtivo.

Figura 8 - Fixação no piso



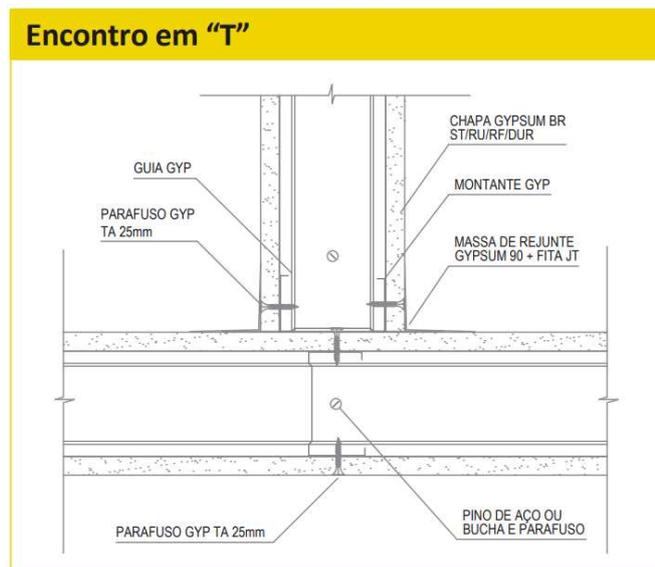
Fonte: Gypsum *Drywall* (2014)

Figura 9 - Encontro de chapas formando um L



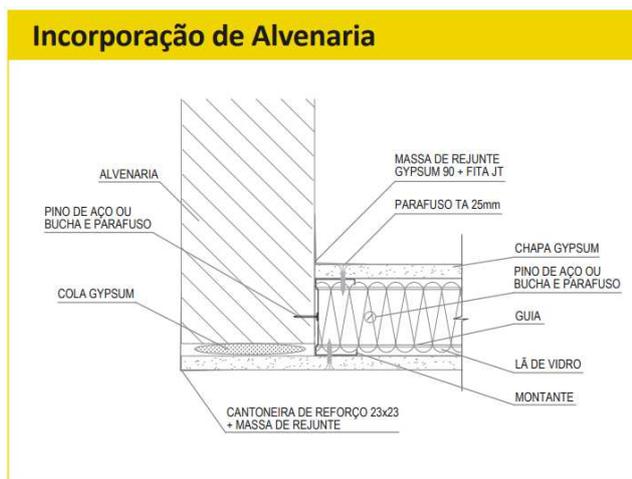
Fonte: Gypsum Drywall (2014)

Figura 10 - Encontro de chapas formando um T



Fonte: Gypsum Drywall (2014)

Figura 11 - Encontro com alvenaria convênçãoal



Fonte: Gypsum Drywall (2014)

2.5.2.2. Carga gerada na estrutura

A NBR 6120 (ABNT, 2019) diz em seu item 5.4 que o peso dos componentes construtivos pode ser estimado de acordo com o Quadro 6.

Quadro 6 - Peso das alvenarias em *drywall*

Material	Espessura nominal do elemento (cm)	Peso (kN/m ²)
<i>Drywall</i> (composição: montantes metálicos, quatro chapas com 12,5 mm de espessura cada e isolamento acústico com lâ de rocha ou lâ de vidro com 50 mm de espessura)	7 a 30	0,5
Divisórias retráteis (exceto divisórias com vidro)	7 a 12	0,6
Caixilhos, incluindo vidro simples (espessura 4 mm) de alumínio	-	0,2
Caixilhos, incluindo vidro simples (espessura 4 mm) de ferro	-	0,3
Caixilhos, incluindo vidro simples (espessura 4 mm) que vão de piso a piso, com $h \leq 4,0$ m	-	0,5
Fachadas com pele de vidro, fachadas unitizadas	Validar conforme o caso	

Fonte: Adaptado de ABNT (2019)

2.5.3. Comparativo alvenaria de vedação bloco cerâmico x drywall

A autora Guerreiro (2020) elaborou um estudo de um edifício de doze pavimentos onde foi analisado a quantidade de resíduos geradas pelo sistema de vedação interno em *drywall* e em alvenaria de bloco cerâmico. O resultado da pesquisa apontou que a geração de resíduos no fechamento vertical com bloco cerâmico foi cinco vezes maior que com *drywall* e conseqüentemente um maior desperdício de material.

Ainda conforme Guerreiro (2020), a economia com mão de obra da alvenaria em *drywall* foi de 65,6% comparada com alvenaria em bloco cerâmico, esse resultado foi obtido tomando como base as planilhas da SINAPI.

Cada sistema construtivo possui suas vantagens e desvantagens, o Quadro 7 destaca algumas características de cada um deles.

Quadro 7 - Comparativo alvenaria de vedação em bloco cerâmico x *drywall*

Características	Alvenaria em bloco cerâmico	Alvenaria em <i>drywall</i>
Produtividade	Baixa	Elevada
Peso na estrutura (KN/m)	1,9 (Baixo)	0,5 (Alto)
Resistência ao fogo	Boa	Boa
Resistência mecânica	Alta	Baixa
Movimentação	Fixa	Desmontável
Desperdício e geração de resíduos	Alto	Baixo
Custo	Baixo	Elevado
Uso	Em qualquer ambiente	De preferência interno, onde não sofra com intempéries

Fonte: Adaptado de Guerreiro (2020).

Esses sistemas possuem vantagens e desvantagens, a escolha entre elas vai variar de acordo com a necessidade específica da edificação de acordo com o uso e as necessidades do projeto.

2.6. ORÇAMENTO DE OBRA COM BASE NO SINAPI

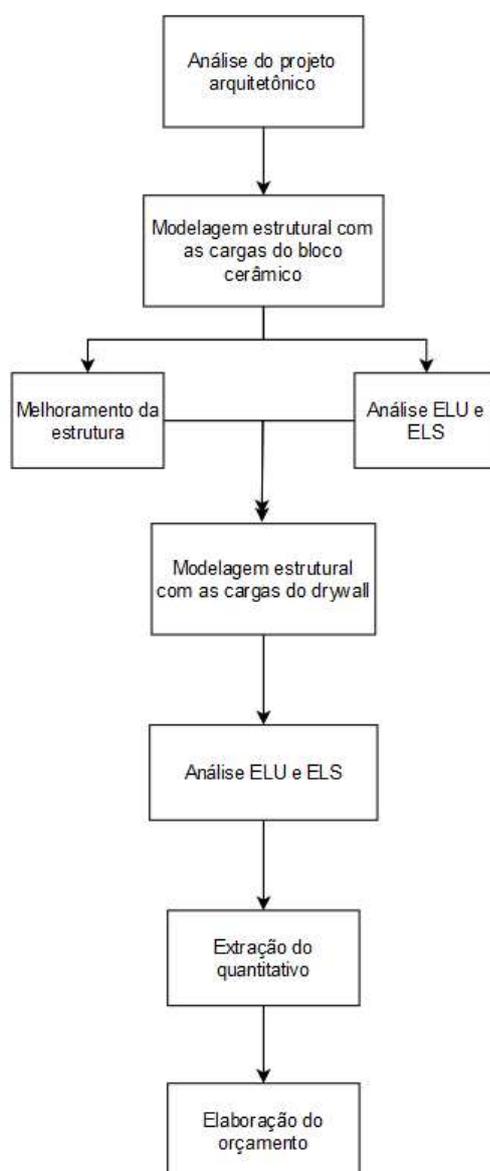
Segundo Dagostino e Feigenbaum (2003 *apud* Cardoso, 2020) o orçamento de custo de uma obra pode ser dito como a determinação do custo provável de uma obra. Para tanto, existem alguns sistemas de orçamento de obras, dentre eles destaca-se aqui o SINAPI.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI é um sistema que tem com o objetivo produzir mensalmente os custos e índices da construção civil. O sistema é produzido em uma colaboração do IBGE com a Caixa Econômica Federal. Ele traz referência de insumos, mão de obra, máquinas e todos os elementos necessários para o orçamento de uma obra.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa do presente trabalho foi elaborada tomando como base artigos científicos, monografias e livros, segue no fluxograma, apresentado na Figura 12, os materiais e métodos utilizados para o desenvolvimento do trabalho que possibilitaram o cumprimento dos objetivos e a obtenção dos resultados. A principal ferramenta utilizada para o desenvolvimento foi o TQS.

Figura 12 - Fluxograma de elaboração da pesquisa



Fonte: Autor (2023)

3.1. Análise do projeto arquitetônico

O projeto arquitetônico foi elaborado pela arquiteta Ana Cláudia Jamal e disponibilizado, com autorização, pela empresa Oliveira e Morais Engenharia e Construções Ltda.

Trata-se de uma edificação que apresenta quatro pavimentos, onde o pavimento térreo e o primeiro sendo unidades comerciais, o segundo e terceiro pavimentos como unidades residências, o quarto pavimento como cobertura sem uso e ocupação. O Quadro 8 mostra a área construída dos respectivos pavimentos.

Quadro 8 - Área por pavimento

Pavimento	Área construída (m ²)
Térreo	152,98
Primeiro	220,20
Segundo	220,20
Terceiro	220,20
Cobertura	199,58

Fonte: Autor (2023)

A planta baixa do projeto arquitetônico utilizado como referência está contida no anexo A, onde estão representados cada pavimento que compõe o edifício.

O corte esquemático da edificação segue representado na Figura 13, onde estão representadas as cotas os respectivos pavimentos. A mesma foi retirada do *software* TQS, sendo assim não está representada em escala.

Figura 13 - Corte esquemático da edificação

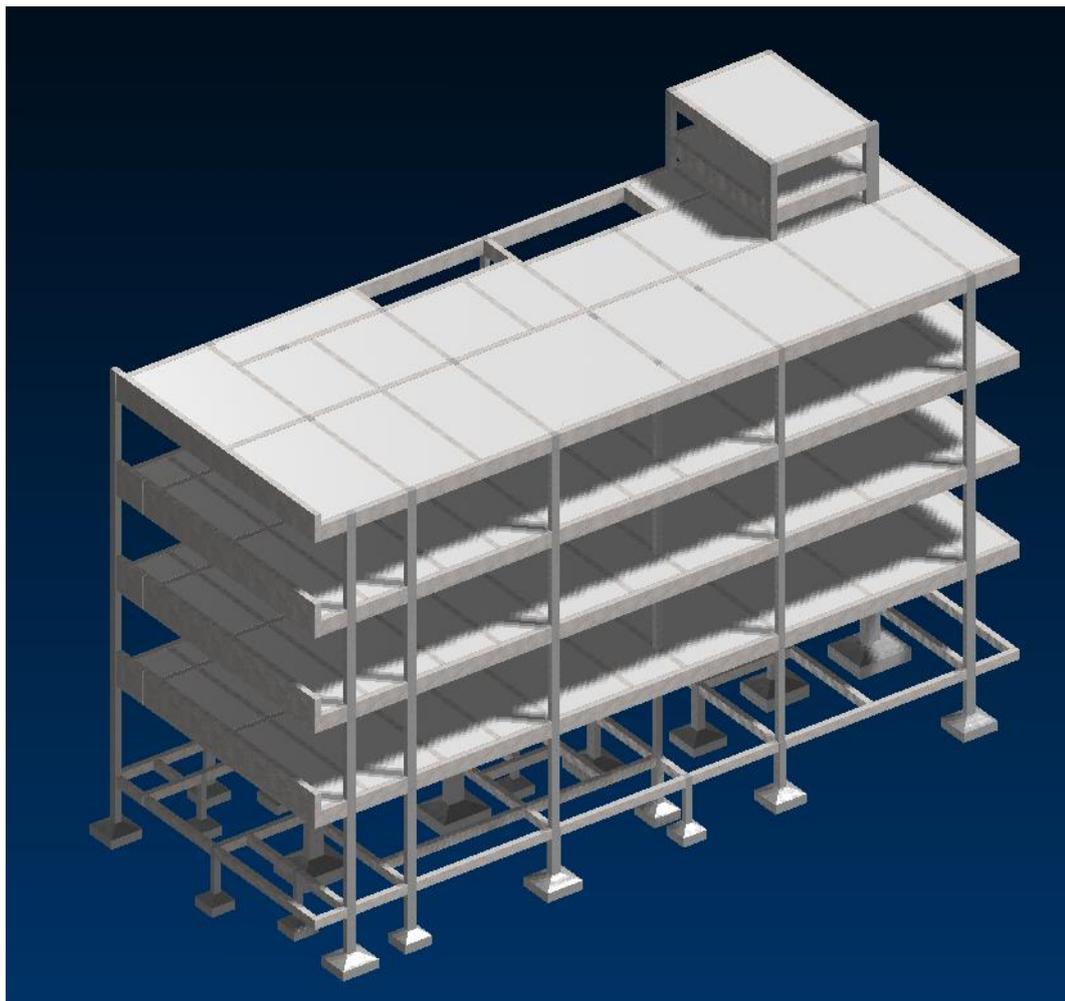


Fonte: Autor (2023)

3.2. Modelagem da estrutura com as cargas de bloco cerâmico

O cálculo estrutural do edifício foi elaborado no TQS, onde o lançamento da estrutura foi feito com cuidado para que não interferisse nos elementos arquitetônicos já dispostos, prezando assim por manter a estética planejada. Em função disso todas as vigas, com exceção da localizada na fachada frontal, ficaram com altura de 50 centímetros para atender a distância do piso ao teto nas duas estruturas. Entretanto foi mantido também todos os parâmetros solicitados pela ABNT NBR 6118-2014. A disposição dos elementos que compõem a estrutura está representada na Figura 14.

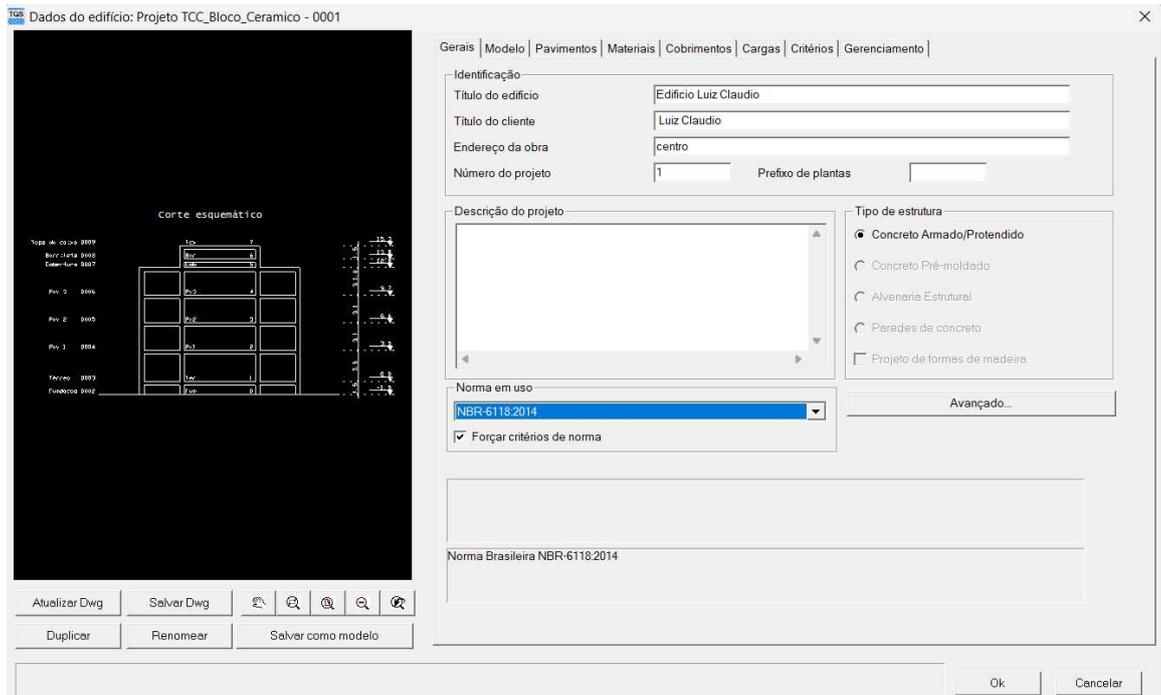
Figura 14 - Vista 3D da estrutura



Fonte: Autor (2023)

O dimensionamento de todos os elementos estruturais foi elaborado com base na NBR 6118-2014 respeitando todas as dimensões dos elementos e levando em consideração as ponderações de cálculo presentes na norma. Para isso o *software* foi previamente configurado, na Figura 15 está representado a criação do edifício no TQS, onde foi previamente configurado para tomar como base a norma em questão.

Figura 15 - Criação do edifício



Fonte: Autor (2023)

Para o cálculo das cargas geradas pela alvenaria em bloco cerâmico foi utilizado o Quadro 5, chegando assim na seguinte carga permanente linear disposta na Tabela 1:

- Peso específico considerando o bloco cerâmica com espessura de 14,0 cm e revestimento de 2,0 cm em todos os pavimentos, altura da alvenaria de 3,00 m para o pavimento térreo, 2,60 m para o primeiro, segundo e terceiro pavimento e 1,10 m para a cobertura.

Assim, utilizando a Equação (1) foi possível chegar à carga linear para cada altura de alvenaria conforme a Tabela 1. O significado das variáveis presentes na equação são respectivamente:

- CLP - carga linear permanente;
- Pe – Peso específico do bloco cerâmico;
- Aa – Altura da alvenaria.

$$CLP \left(\frac{tf}{m} \right) = \frac{\left(\left(Pe \left(\frac{Kg}{m^2} \right) \times Aa (m) \right) \right)}{1000} \quad (1)$$

Tabela 1 - Carga linear da alvenaria em bloco cerâmico

Pavimento	Peso específico do bloco cerâmico – Pe (Kg/m ²)	Altura da alvenaria - Aa (m)	Carga Linear Permanente - CLP (tf/m)
Térreo	190	3,00	0,570
Primeiro	190	2,60	0,494
Segundo	190	2,60	0,494
Terceiro	190	2,60	0,494
Cobertura	190	1,10	0,209

Fonte: Autor (2023)

3.2.1. Análise do ELU e ELS

Tomando como base os itens do tópico 2.3 dispostos no referencial teórico da pesquisa, após o processamento global da estrutura no *software* TQS, foi feita a análise do ELU e do ELS da edificação.

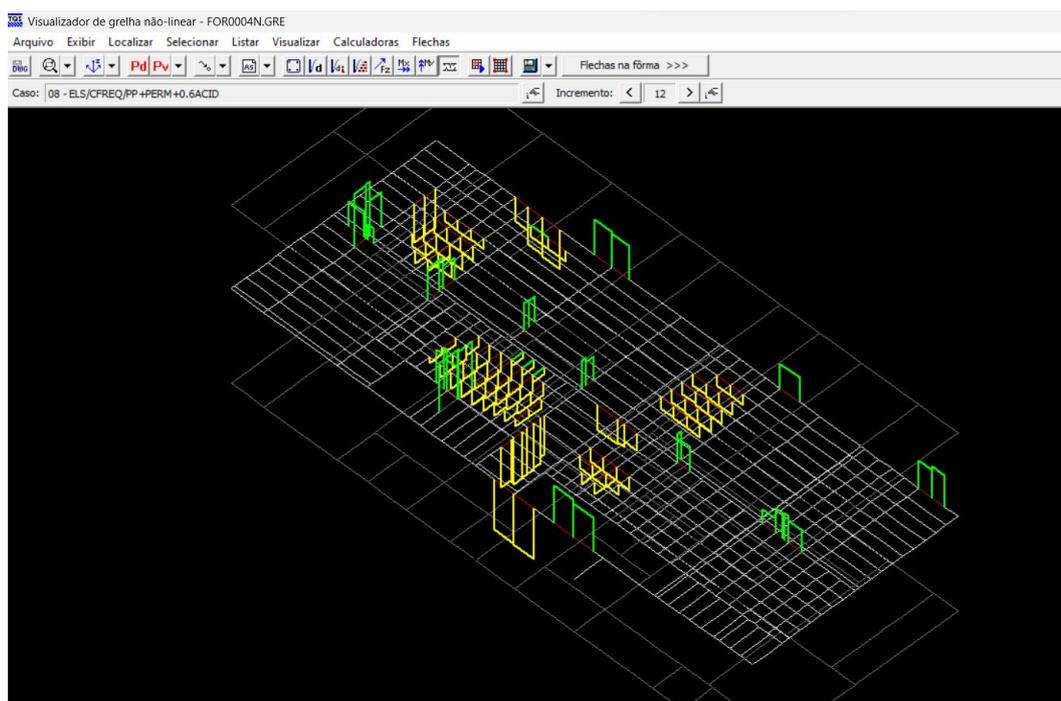
O TQS emite o relatório após o processamento global da estrutura, o qual é feito tomando como base todas as exigências da NBR 6118-2014, nesse processamento são considerados todos os esforços aos quais a estrutura está submetida e também o dimensionamento das armaduras de todos os elementos estruturais.

Para o ELS foram analisadas as flechas e fissuras nas vigas e nas lajes. A análise das flechas das lajes e vigas foi feita tomando como base os limites dispostos no Quadro 2 baseado na NBR 6118-2014. Para essa análise foram consideradas as ações definidas no item 2.3.6 da pesquisa.

Toda a análise de flechas e fissuras foi tomado como exemplo o pavimento 1, entretanto essa análise também foi feita para todos os outros pavimentos individualmente manualmente através do TQS.

A análise das fissuras também foi feita através do *software* através da grelha não linear discretizada em barras conforme consta na Figura 16, também respeitando os limites de referência normativos. Os valores foram todos checados e conferidos conforme o Quadro 3 disposto no presente trabalho.

Figura 16 - Pavimento 1: exemplificando a análise das fissuras



Fonte: Autor (2023)

3.3. Modelagem da estrutura com as cargas de *drywall*

O *software* permite ao usuário que o edifício criado seja duplicado e que sejam levadas todas as propriedades de cálculo definidas na sua criação e também todo o processamento da estrutura com os esforços, assim foi feito.

Logo em seguida, no modelador estrutural, foi feita a substituição das cargas das alvenarias internas em bloco cerâmico por *drywall*, ilustradas no anexo A e destacas na cor preta.

Para o cálculo das cargas geradas pela alvenaria em *drywall* foi utilizada o Quadro 6. O cálculo foi o mesmo utilizado para a alvenaria em bloco cerâmico, através da Equação (1), chegando assim na seguinte carga permanente linear disposta na Tabela 2:

Tabela 2 - Carga linear da alvenaria em *drywall*

Pavimento	Peso específico do bloco cerâmico (Kg/m ²)	Altura da alvenaria (m)	Carga Linear Permanente (tf/m)
Térreo	50	3,00	0,15
Primeiro	50	2,60	0,13
Segundo	50	2,60	0,13
Terceiro	50	2,60	0,13

Fonte: Autor (2023)

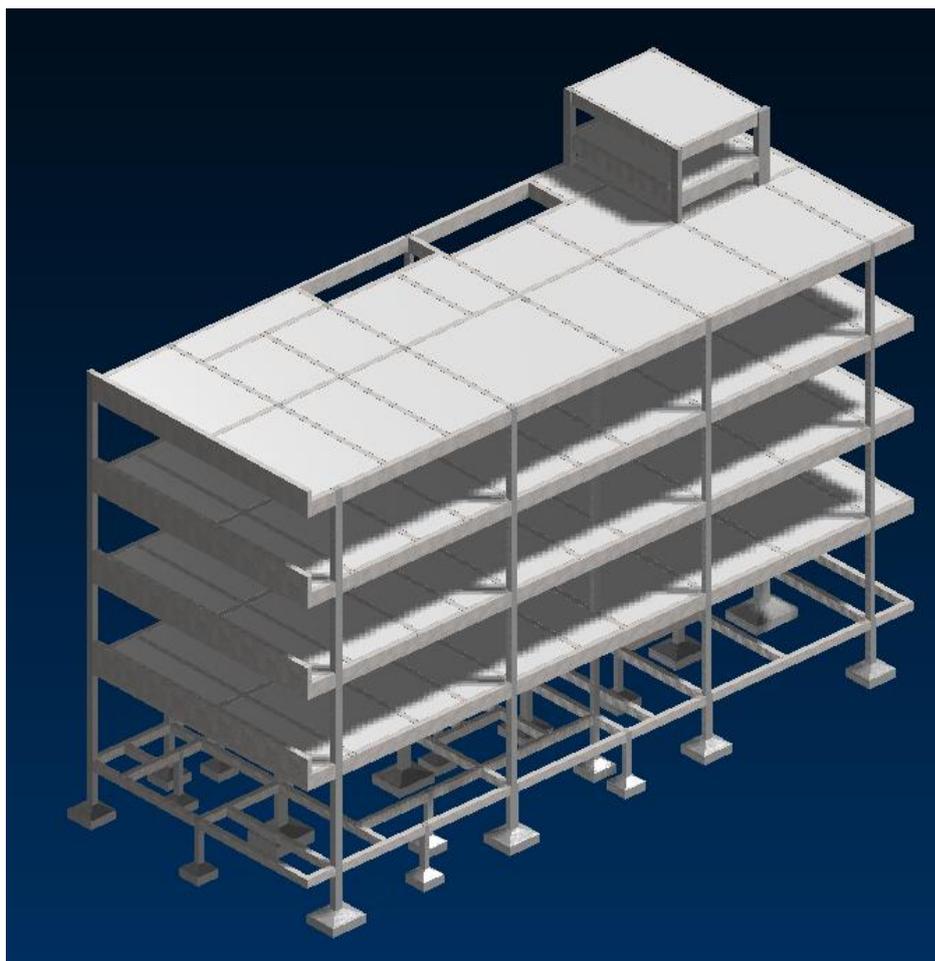
3.3.1. Melhoria da estrutura

Após a substituição das cargas e processamento da estrutura foram feitas análises no ELU e ELS e a partir de então o melhoramento da estrutura, reduzindo seção de elementos que estavam sendo pouco solicitados ou até retirando-os da estrutura.

Como as cargas do *drywall* são mais leves que o sistema construtivo da alvenaria em bloco cerâmico, conforme o Quadro 7, a estrutura passou a sofrer menos esforços. Sendo assim, as cargas foram substituídas e partir de então feito uma análise na estrutura no ELU e ELS verificando os esforços, onde foi possível identificar que alguns elementos estruturais estavam sendo pouco requisitados e foram alterados, tentando manter o lançamento estrutural, com a finalidade de assumirem maior relevância de desempenho no arranjo estrutural.

Diante de todas as alterações feitas foi possível chegar no modelo estrutural que está representado na Figura 17.

Figura 17 - Vista 3D da estrutura após alterações



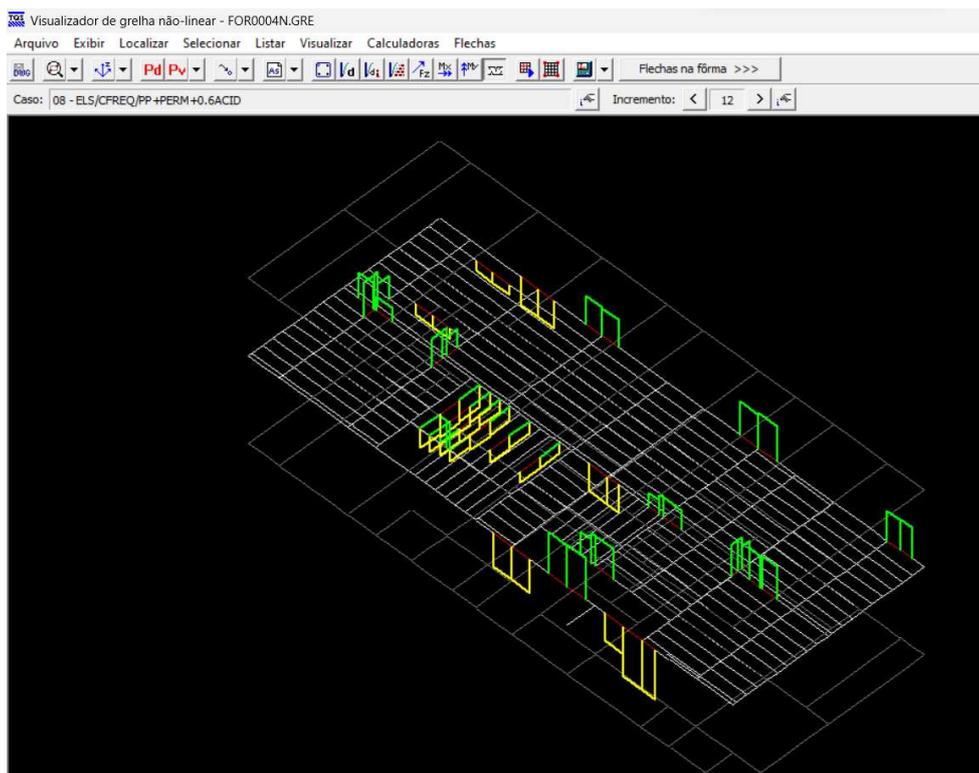
Fonte: Autor (2023)

3.3.2. Análise do ELU e ELS

A partir de então foi feita toda a análise do ELU e ELS como no item 3.2.1 da pesquisa. No ELU foi analisado o relatório que o TQS emite. Já no ELS também foi tomado como exemplo, para análise nas vigas e lajes, na verificação de flechas e fissuras o pavimento 1, e esse processo foi feito para todos os outros pavimentos que constituem o prédio.

Em relação a fissura a análise também foi feita da mesma forma que no modelo estrutural em bloco cerâmico, na Figura 18 está ilustrado a grelha que foi utilizada para análise de fissuras nos elementos estruturais.

Figura 18 - Pavimento 1: exemplificando a análise das fissuras



Fonte: Autor (2023)

3.4. Extração do quantitativo de material

O TQS, através do resumo estrutural, fornece ao usuário o quantitativo de material que será gasto na execução tanto do aço, como do concreto e também das formas. A extração foi feita para as duas estruturas, vale mencionar que a extração foi feita em função do detalhamento que o próprio TQS emite para as duas estruturas.

3.5. Elaboração do orçamento

A elaboração do orçamento foi de acordo com o quantitativo dos quadros citados no tópico anterior. Todos os passos aqui descritos foram feitos para ambas as estruturas. Vale mencionar que no orçamento só entrou a parte de infraestrutura, superestrutura e as alvenarias sem revestimento. O orçamento foi feito utilizando como base a tabela SINAPI desonerado sem bonificação e despesas indiretas com a data de preço sendo dia dezenove de maio de 2023, do estado do Rio Grande do Norte, visto que a edificação foi dimensionada para o estado mencionado.

Para a escavação das vigas baldrame foram utilizados os dados do gasto com forma e acrescido 10%. As dimensões das alvenarias foram obtidas multiplicando seu comprimento, medido a partir do anexo A e multiplicando pela sua altura indicada no item 3.2, onde está descrito o cálculo das cargas da alvenaria considerando sua altura.

O custo com as lajes também foi retirado do *software*, conforme descrito no item 3.4 do estudo, e estão representados do Quadro 15 ao Quadro 18.

Só foram levadas em consideração as alvenarias internas no orçamento conforme indicadas no anexo A. Para o bloco cerâmico foi considerado o chapisco e massa única para recebimento de pintura visto que o *drywall* já fica pronto para tal de acordo com a composição utilizada no orçamento. Para o *drywall* foi considerado reforço metálico para possíveis esforços que podem ser gerados na alvenaria em função da carga que a mesma recebe.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. ELU e ELS

4.1.1. Estrutura com as cargas de alvenaria em bloco cerâmico

Conforme descrito no item 3.2.1 foi feita a análise da Figura 19. Onde não foi emitido nenhum erro, portanto significa que a estrutura atendeu ao ELU.

Figura 19 – Análise ELU



Fonte: Autor (2023)

Portanto considerando que o *software* não apresentou nenhum erro significa que a estrutura atendeu ao ELU.

A análise do ELS foi através do Quadro 9 e Quadro 10, onde a coluna intitulada de “Situação”, todas as lajes e vigas estão classificadas como “Passou” o que significa que em todas as flechas foram menores que as flechas limites e estão dentro do que a norma exige para o ELS.

Quadro 9 - Pavimento 1: exemplificando a análise das flechas nas lajes

Pavimento 1				
Laje	L (cm)	f(cm)	flim.(cm)	Situação
L1	130	-0.36	0.52	Passou

L2	130	-0.25	0.52	Passou
L3	313.1	-0.37	1.25	Passou
L4	313.1	-0.85	1.25	Passou
L5	117.5	-0.21	0.47	Passou
L6	117.5	-0.18	0.47	Passou
L7	295	-0.85	1.18	Passou
L8	280	-1.11	1.12	Passou
L9	152.5	-0.26	0.61	Passou
L10	295	-0.15	1.18	Passou
L11	157.5	-0.62	0.63	Passou
L12	157.5	-0.52	0.63	Passou
L13	157.5	-0.25	0.63	Passou
L14	252.5	-0.66	1.01	Passou
L15	252.5	-0.51	1.01	Passou
L16	160	-0.07	0.64	Passou
L17	160	-0.24	0.64	Passou
L18	167.5	-0.14	0.67	Passou
L19	167.5	-0.31	0.67	Passou
L20	115	-0.20	0.46	Passou
L21	242	-0.44	0.97	Passou
L22	242	-0.42	0.97	Passou
L23	220	-0.70	0.88	Passou
L24	115	-0.23	0.46	Passou
L25	220	-0.68	0.88	Passou

Notas:

L é o comprimento do menor vão da laje;

f é a flecha da laje obtida em função do comprimento L;

flim é a flecha limite permitida pela norma que a laje pode ter;

Fonte: Autor (2023)

Quadro 10 - Pavimento 1: exemplificando as análises das flechas nas vigas

Pavimento 1					
Viga	Vão	L (cm)	f(cm)	flim.(cm)	Situação
V101	1	467.5	-0.54	1.87	Passou
V101	2	467.5	-0.43	1.87	Passou
V102	1	462.5	-0.27	1.85	Passou

V102	2	462.5	-0.32	1.85	Passou
V103	1	462.5	-0.23	1.85	Passou
V103	2	467.5	-0.84	1.87	Passou
V104	1	172.5	-0.24	0.69	Passou
V104	2	295	-0.17	1.18	Passou
V105	1	167.5	-0.43	0.67	Passou
V106	1	90	-0.13	0.36	Passou
V106	2	372.5	-0.12	1.49	Passou
V107	1	499.4	-0.51	2.00	Passou
V107	2	295.6	-0.04	1.18	Passou
V107	3	135	-0.17	0.54	Passou
V108	1	470.5	-0.68	1.88	Passou
V108	2	467.5	-0.36	1.87	Passou
V109	1	128.5	-0.05	0.51	Passou
V110	1	327.5	-0.07	1.31	Passou
V110	2	462.5	-0.23	1.85	Passou
V111	1	332.5	-0.15	1.33	Passou
V111	2	467.5	-0.30	1.87	Passou
V112	1	138	-0.08	0.55	Passou
V112	2	332.5	-0.12	1.33	Passou
V112	3	467.5	-0.29	1.87	Passou
V113	1	467.5	-0.46	1.87	Passou
V113	2	467.5	-0.45	1.87	Passou
V114	1	925	-0.91	3.70	Passou
V115	1	307.5	-0.10	1.23	Passou
V116	1	482.5	-0.08	1.93	Passou
V116	2	445	-0.49	1.78	Passou
V117	1	627.5	-0.42	2.51	Passou
V117	2	328.1	0.07	1.31	Passou
V117	3	152.5	-0.15	0.61	Passou
V118	1	178	-0.36	0.71	Passou
V118	2	294.6	-0.30	1.18	Passou
V118	3	334.9	0.04	1.34	Passou
V118	4	272.5	-0.59	1.09	Passou
V119	1	312.5	-0.40	1.25	Passou
V119	2	317.5	-0.22	1.27	Passou

V120	1	177.5	-0.57	0.71	Passou
V121	1	325	-0.72	1.30	Passou
V121	2	482.5	-0.17	1.93	Passou
V121	3	450	-0.36	1.80	Passou
V121	4	315	-0.14	1.26	Passou
V121	5	325	-0.14	1.30	Passou
V121	6	325.6	0.05	1.30	Passou
V121	7	147.5	-0.20	0.59	Passou
V122	1	115	-0.31	0.46	Passou
V122	2	205	0.03	0.82	Passou
V122	3	487.5	-0.17	1.95	Passou
V122	4	450	-0.23	1.80	Passou
V122	5	315	-0.11	1.26	Passou
V122	6	643.1	-0.78	2.57	Passou
V122	7	155	0.12	0.62	Passou

Notas:

L é o comprimento do menor vão da laje;

f é a flecha da laje obtida em função do comprimento L;

f_{lim} é a flecha limite permitida pela norma que a laje pode ter;

Fonte: Autor (2023)

4.1.2. Estrutura com as cargas de alvenaria em drywall

A análise foi feita de forma análoga ao tópico anterior, onde através da avaliação da Figura 20, Quadro 11 e Quadro 12, foi obtido êxito no resultado, visto que a estrutura atendeu ao ELU e ELS.

Figura 20 - Análise ELU

Avisos e Erros

Quantitativo

Classificação	Quantidade
Aviso/Leve	102
Aviso/Médio	30
Erro/Grave	0

Para maiores detalhes, entre no visualizador de erros.

Lista de erros graves

Não existem erros graves.

[Clique aqui](#) para abrir visualizador de erros

Fonte: Autor (2023)

Quadro 11 - Pavimento 1: exemplificando a análise das flechas nas lajes

Pavimento 1				
Laje	L (cm)	f(cm)	flim.(cm)	Situação
L1	130	-0.34	0.52	Passou
L2	130	-0.27	0.52	Passou
L3	313.1	-0.23	1.25	Passou
L4	313.1	-0.65	1.25	Passou
L5	117.5	-0.17	0.47	Passou
L6	295	-0.56	1.18	Passou
L7	275	-0.99	1.10	Passou
L8	152.5	-0.24	0.61	Passou
L9	295	-0.18	1.18	Passou
L10	157.5	-0.42	0.63	Passou
L11	157.5	-0.18	0.63	Passou
L12	112.7	-0.35	0.45	Passou
L13	179.8	-0.35	0.72	Passou
L14	252.5	-0.41	1.01	Passou
L15	160.1	-0.31	0.64	Passou
L16	167.4	-0.44	0.67	Passou
L17	167.4	-0.45	0.67	Passou
L18	242	-0.63	0.97	Passou
L19	242	-0.43	0.97	Passou
L20	158	-0.57	0.63	Passou

L21	158	-0.61	0.63	Passou
L22	160.1	-0.17	0.64	Passou

Notas:
 L é o comprimento do menor vão da laje;
 f é a flecha da laje obtida em função do comprimento L;
 flim é a flecha limite permitida pela norma que a laje pode ter;

Fonte: Autor (2023)

Quadro 12 - Pavimento 1: exemplificando a análise das flechas nas vigas

Pavimento 1					
Viga	Vão	L (cm)	f(cm)	flim.(cm)	Situação
V101	1	467.5	-0.57	1.87	Passou
V101	2	467.5	-0.50	1.87	Passou
V102	1	462.5	-0.20	1.85	Passou
V102	2	462.5	-0.23	1.85	Passou
V103	1	457.5	-0.13	1.83	Passou
V103	2	467.5	-0.57	1.87	Passou
V104	1	172.5	-0.26	0.69	Passou
V104	2	295	-0.20	1.18	Passou
V105	1	172.5	-0.48	0.69	Passou
V106	1	90	-0.08	0.36	Passou
V106	2	372.5	-0.11	1.49	Passou
V107	1	499.4	-0.29	2.00	Passou
V107	2	295.6	-0.04	1.18	Passou
V107	3	135	-0.17	0.54	Passou
V108	1	470.5	-0.44	1.88	Passou
V108	2	467.5	-0.29	1.87	Passou
V109	1	128.5	-0.05	0.51	Passou
V110	1	327.5	-0.04	1.31	Passou
V110	2	462.5	-0.20	1.85	Passou
V111	1	155	-0.62	0.62	Passou
V111	2	332.5	-0.59	1.33	Passou
V111	3	467.5	-0.41	1.87	Passou
V112	1	467.5	-0.48	1.87	Passou
V112	2	467.5	-0.44	1.87	Passou
V113	1	925	-0.82	3.70	Passou

V114	1	302.5	-0.26	1.21	Passou
V115	1	487.5	-0.64	1.95	Passou
V115	2	445	-0.29	1.78	Passou
V116	1	623.8	-0.47	2.50	Passou
V116	2	331.8	0.08	1.33	Passou
V116	3	152.5	-0.16	0.61	Passou
V117	1	367.5	-0.45	1.47	Passou
V117	2	272.5	-0.33	1.09	Passou
V118	1	315	-0.23	1.26	Passou
V118	2	177.5	-0.17	0.71	Passou
V119	1	272.5	-0.35	1.09	Passou
V120	1	325	-0.62	1.30	Passou
V120	2	482.5	-0.27	1.93	Passou
V120	3	450	-0.23	1.80	Passou
V120	4	315	-0.09	1.26	Passou
V120	5	320	-0.10	1.28	Passou
V120	6	328.1	0.07	1.31	Passou
V120	7	150	-0.23	0.60	Passou
V121	1	115	-0.25	0.46	Passou
V121	2	692.5	-0.41	2.77	Passou
V121	3	450	-0.21	1.80	Passou
V121	4	315	-0.11	1.26	Passou
V121	5	648.1	-0.50	2.59	Passou
V121	6	150	0.03	0.60	Passou
V122	1	332.5	-0.28	1.33	Passou
V122	2	467.5	-0.40	1.87	Passou

Notas:

L é o comprimento do menor vão da laje;

f é a flecha da laje obtida em função do comprimento L;

flim é a flecha limite permitida pela norma que a laje pode ter;

Fonte: Autor (2023)

4.2. Melhoramento da estrutura

Para a estrutura como um todo os pilares foram mantidos no mesmo lugar com exceção dos pilares P21 e P22, além disso alguns deles existem apenas em uma das

estruturas conforme pode ser visto no anexo B essa estratégia foi adotada devido as flechas que as vigas estavam sofrendo. Todos sofreram redução da seção transversal e estão listados no Quadro 13, com exceção do P1, P7, P10, P14, P15, P16, P25, P27, P28 e P29, pois ao serem alterados não estavam atendendo ao ELU.

Quadro 13 - Comparativo da seção dos pilares

Pilares	Lance	Seção (cm) - Bloco cerâmico	Seção (cm) - Drywall
P1	Seção não alterada		
P2	Fun - Ter	30x50	20x45
P2	Ter-Tcx	20x45	20x45
P3	Fun - Ter	20x30	20x25
P3	Ter-Cob	20x30	20x20
P4	Fun - Tcx	20x25	30x20
P5	Fun - Pv1	20x40	20x30
P5	Pv1 - Tcx	30x20	30x20
P6	Fun - Ter	----	20x20
P7	Seção não alterada		
P8	Fun - Ter	40x25	20x20
P8	Ter-Cob	20x25	20x20
P9	Fun - Ter	30x25	20x20
P9	Ter-Cob	25x20	20x20
P10	Seção não alterada		
P11	Fun - Ter	25x30	20x20
P11	Ter-Cob	20x20	20x20
P12	Fun - Ter	35x25	30x20
P12	Ter-Cob	30x20	25x20
P13	Fun - Ter	30x20	20x20
P13	Ter-Cob	20x20	20x20
P14	Seção não alterada		
P15	Seção não alterada		
P16	Seção não alterada		
P17	Fun - Ter	25x25	20x25
P17	Ter-Cob	20x20	20x25
P18	Fun - Ter	30x50	20x35
P18	Pv2 - Cob	20x35	20x30

P19	Fun - Ter	25x30	20x30
P19	Ter-Cob	20x25	20x25
P20	Fun - Ter	----	20x20
P21	Fun - Ter	20x30	20x20
P21	Ter - Cob	20x30	----
P22	Fun - Ter	20x30	20x20
P22	Ter - Cob	20x30	----
P23	Fun - Ter	20x30	20x25
P23	Ter-Cob	20x25	20x25
P24	Fun - Ter	30x50	20x40
P24	Ter - Pv1	20x40	20x40
P24	Pv2 - Cob	30x20	30x20
P25	Seção não alterada		
P26	Fun - Ter	20x20	----
P27	Seção não alterada		
P28	Seção não alterada		
P29	Seção não alterada		
<p>Nota:</p> <p>Os pilares que estão em amarelo não sofreram alteração na seção transversal; Os pilares que estão em verde sofreram redução da seção transversal; Os pilares que estão em vermelho sofreram aumento da seção transversal; ---- significa que não existe na estrutura; Fun é o pavimento fundação; Ter é o pavimento térreo; Pv1 é o pavimento 1; Pv2 é o pavimento 2; Cob é o pavimento cobertura; Tcx é o pavimento topo da caixa d'água.</p>			

Fonte: Autor (2023)

As sapatas também foram reduzidas nas dimensões da base, rodapé ou até mesmo altura, as únicas que permaneceram iguais em todas as dimensões foram as S7, S14, S15, S16, S19, S23 e S27. O Quadro 14 traz o resumo de todas as sapatas presentes nas duas edificações.

Quadro 14 - Comparativo dimensões das sapatas

Estrutura	Sapatas	Dimensões base (cm)		Altura da base (cm)		Altura total da fundação (cm)
		X	Y	X	Y	
Bloco cerâmico	S1	110	125	30	30	50
<i>Drywall</i>	S1	105	120	30	30	50
Bloco cerâmico	S2	150	175	40	40	60
<i>Drywall</i>	S2	135	165	30	30	50
Bloco cerâmico	S3	105	115	30	30	50
<i>Drywall</i>	S3	100	105	30	30	50
Bloco cerâmico	S4	100	110	30	30	50
<i>Drywall</i>	S4	110	105	30	30	50
Bloco cerâmico	S5	125	145	40	40	60
<i>Drywall</i>	S5	115	130	30	30	50
Bloco cerâmico	S6	-	-	-	-	-
<i>Drywall</i>	S6	80	80	30	30	50
Bloco cerâmico	S7	80	80	30	30	50
<i>Drywall</i>	S7	80	80	30	30	50
Bloco cerâmico	S8	120	110	30	30	50
<i>Drywall</i>	S8	100	105	30	30	50
Bloco cerâmico	S9	115	115	30	30	50
<i>Drywall</i>	S9	95	95	30	30	50
Bloco cerâmico	S10	100	105	30	30	50
<i>Drywall</i>	S10	100	110	30	30	50
Bloco cerâmico	S11	100	110	30	30	50
<i>Drywall</i>	S11	95	100	30	30	50
Bloco cerâmico	S12	130	120	30	30	50
<i>Drywall</i>	S12	115	115	30	30	50
Bloco cerâmico	S13	95	90	30	30	50
<i>Drywall</i>	S13	85	90	30	30	50
Bloco cerâmico	S14	80	80	30	30	50
<i>Drywall</i>	S14	80	80	30	30	50
Bloco cerâmico	S15	80	80	30	30	50
<i>Drywall</i>	S15	80	80	30	30	50
Bloco cerâmico	S16	80	95	30	30	50

<i>Drywall</i>	S16	80	95	30	30	50
Bloco cerâmico	S17	105	110	30	30	50
<i>Drywall</i>	S17	105	115	30	30	50
Bloco cerâmico	S18	135	160	40	40	60
<i>Drywall</i>	S18	120	140	30	30	50
Bloco cerâmico	S19	110	120	30	30	50
<i>Drywall</i>	S19	110	120	30	30	50
Bloco cerâmico	S20	-	-	-	-	-
<i>Drywall</i>	S20	80	80	30	30	50
Bloco cerâmico	S21	80	90	30	30	50
<i>Drywall</i>	S21	85	95	30	30	50
Bloco cerâmico	S22	140	165	40	40	60
<i>Drywall</i>	S22	130	150	40	40	60
Bloco cerâmico	S23	80	80	30	30	50
<i>Drywall</i>	S23	80	80	30	30	50
Bloco cerâmico	S24	80	80	30	30	50
<i>Drywall</i>	S24	-	-	-	-	-
Bloco cerâmico	S25	105	120	30	30	50
<i>Drywall</i>	S25	115	130	30	30	50
Bloco cerâmico	S26	105	105	30	30	50
<i>Drywall</i>	S26	100	100	30	30	50
Bloco cerâmico	S27	80	80	30	30	50
<i>Drywall</i>	S27	80	80	30	30	50

Nota:

As sapatas que estão em amarelo não sofreram alteração em nenhuma dimensão;

As sapatas que estão em verde sofreram redução em alguma dimensão;

As sapatas que estão em vermelho sofreram aumento em alguma dimensão;

“-“ significa que não existe na estrutura;

Fonte: Autor (2023)

As alterações em vigas geraram consequência direção da armação das lajes e também acabou dividindo e unindo algumas, todas as alterações citadas posteriormente podem ser vistas no anexo B.

As vigas foram mantidas com a mesma altura, a modificação feita foi a retirada e inserção de algumas, nos pavimentos cobertura, barrilete e caixa d'água elas não sofreram nenhum tipo de modificação bem como as lajes também foram conservadas.

Todas as lajes que estavam armadas em duas direções, em todos os pavimentos com exceção dos que não foram alterados e mencionados anteriormente, passaram a ser armadas apenas em uma direção.

Sendo assim as alterações feitas no pavimento térreo foram a redução de tamanho da viga V6 e V20.

As alterações feitas no pavimento 1 foram:

- a) A viga V118 teve uma redução de tamanho, o que gerou a junção das lajes L21 com a L22 e também da L24 com a L25;
- b) A viga 119 teve uma redução de tamanho, o que gerou a junção das lajes L5 com a L6;
- c) A viga 120 foi alterada de lugar, e gerou a junção da L11 com a L12 e separou a L14;
- d) As lajes L4, L9, L14, L16, L17, L19, L22, L23 e L25 passaram a ser armadas apenas em uma direção.

As alterações feitas nos pavimentos 2 e 3 foram:

- e) A viga V218 teve uma redução de tamanho, o que gerou a junção das lajes L22 com a L23 e também da L25 com a L26;
- f) A viga 219 teve uma redução de tamanho, o que gerou a junção das lajes L5 com a L6;
- g) A viga 220 foi aumentada de tamanho, e gerou a separação da L15;
- h) As lajes L4, L6, L7, L9, L10, L15, L17, L18, L20, L23, L24 e L26 passaram a ser armadas apenas em uma direção.

4.3. Economia de material

Para as lajes o valor total foi obtido direto através dos TQS, onde os preços das treliças e dos enchimentos foram cadastrados de acordo com composição própria, chegando assim nos valores representados do Quadro 15 ao Quadro 18. Como resultado foi obtido um gasto a mais de R\$ 1890,00 com EPS e uma economia de R\$ 749,10 com as vigotas treliçadas.

Quadro 15 - Custos formas de nervuras (Bloco cerâmico)

Pavimento	EPS Bidirecional	EPS Unidirecional	EPS Unidirecional	Totais R\$
	H10/40/50	H08/40/100	H10/40/100	
Topo da caixa	-	-	432,00	432,00
Cobertura	-	4.313,00	-	4.313,00
Pav 3	2.478,00	-	2.376,00	4.854,00
Pav 2	2.478,00	-	2.376,00	4.854,00
Pav 1	1.938,00	-	3.024,00	4.962,00
Totais R\$	6.894,00	4.313,00	8.208,00	19.415,00
Onde: H10/40/50 – dimensões do EPS sendo 10 cm x 40 cm x 50 cm H08/40/100 – dimensões do EPS sendo 08 cm x 40 cm x 100 cm H10/40/100 – dimensões do EPS sendo 10 cm x 40 cm x 100 cm				

Fonte: Autor (2023)

Quadro 16 - Custos vigotas treliçadas (Bloco cerâmico)

Pavimento	50A/6.3	50A/10.0	60A/5.0	TR08634	TR12645	Totais R\$
Topo da caixa	-	-	-	-	499,50	499,50
Cobertura	305,46	-	492,42	4.792,50	-	5.590,38
Pav 3	-	257,21	560,34	-	6.660,00	7.477,55
Pav 2	-	257,21	560,34	-	6.660,00	7.477,55
Pav 1	-	-	628,26	-	6.660,00	7.288,26
Totais R\$	305,46	514,42	2.241,36	4.792,50	20.479,50	28.333,24
Onde:						

50A/6.3 – Aço CA – 50, bitola 6.3 mm
 50A/10.0 – Aço CA – 50, bitola 10.0 mm
 60A/5.0 – Aço CA – 60, bitola 5.0 mm
 TR08634 – Vigota treliçada com altura de 8 cm
 TR12645 – Vigota treliçada com altura de 12 cm

Fonte: Autor (2023)

Quadro 17 - Custo formas de nervuras (*Drywall*)

Pavimento	EPS Unidirecional	EPS Unidirecional	Totais
	H08/40/100	H10/40/100	
Topo da caixa	-	432	432,00
Cobertura	4.313,00	-	4.313,00
Pav 3	-	5.520,00	5.520,00
Pav 2	-	5.520,00	5.520,00
Pav 1	-	5.520,00	5.520,00
Totais R\$	4.313,00	16.992,00	21.305,00

Onde:
 H08/40/100 – dimensões do EPS sendo 08 cm x 40 cm x 100 cm
 H10/40/100 – dimensões do EPS sendo 10 cm x 40 cm x 100 cm

Fonte: Autor (2023)

Quadro 18 - Custos vigotas treliçadas (*Drywall*)

Pavimento	50A/6.3	60A/5.0	TR08634	TR12645	Totais R\$
Topo da caixa	-	-	-	499,50	499,50
Cobertura	305,46	492,42	4.792,50	-	5.590,38
Pav 3	-	526,38	-	6.660,00	7.186,38
Pav 2	-	475,44	-	6.660,00	7.135,44
Pav 1	-	475,44	-	6.697,00	7.172,44
Totais R\$	305,46	1.969,68	4.792,50	20.516,50	27.584,14

Onde:
 50A/6.3 – Aço CA – 50, bitola 6.3 mm
 60A/5.0 – Aço CA – 60, bitola 5.0 mm
 TR08634 – Vigota treliçada com altura de 8 cm
 TR12645 – Vigota treliçada com altura de 12 cm

Fonte: Autor (2023)

No Quadro 19 e Quadro 20 está disposto a quantidade de material necessário para a execução de cada estrutura, neles só não está representado o EPS e as vigotas treliçadas que estão dispostos nos quadros anteriores.

Quadro 19 – Quantitativo de material usado na estrutura para bloco cerâmico

Pavimento Topo da Caixa D'água									
Bitola	5	6,3	8	10	12,5	16	Aço	Concreto	Forma
	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	m ³	m ²
Pilares	7	-	-	-	14	19	40	0,38	6,15
Vigas	16	-	4	45	-	-	65	1,34	14,17
Lajes	2	10	2	-	-	-	14	0,97	-
Totais	25	10	6	45	14	19	119	2,69	20,32
Pavimento Barrilete									
Bitola	5	6,3	8	10	12,5	16	Aço	Concreto	Forma
	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	m ³	m ²
Pilares	5	-	-	8	17	10	40	0,25	4,1
Vigas	17	-	4	40	25	17	103	1,49	15,66
Lajes	5	36	51	82	-	-	174	2,1	14,01
Totais	27	36	55	130	42	27	317	3,84	33,77
Pavimento Cobertura									
Bitola	5	6,3	8	10	12,5	16	Aço	Concreto	Forma
	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	m ³	m ²
Pilares	70	-	-	160	5	-	235	3,38	58,59
Vigas	201	18	46	478	40	13	796	16,81	174,01
Lajes	11	152	2	-	-	-	165	10,13	-
Totais	282	170	48	638	45	13	1196	30,32	232,6
Pavimento 3									
Bitola	5	6,3	8	10	12,5	16	Aço	Concreto	Forma
	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	m ³	m ²
Pilares	73	-	-	185	-	-	258	3,53	61,44
Vigas	210	46	51	413	208	148	1076	19,01	186,68
Lajes	35	273	65	8	1	-	382	13,76	-
Totais	318	319	116	606	209	148	1716	36,3	248,12
Pavimento 2									
Bitola	5	6,3	8	10	12,5	16	Aço	Concreto	Forma

	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	m ³	m ²
Pilares	74	-	-	168	40	-	282	3,53	61,44
Vigas	206	67	50	420	203	146	1092	19,01	186,68
Lajes	35	273	65	8	1	-	382	13,76	-
Totais	315	340	115	596	244	146	1756	36,3	248,12
Pavimento 1									
Bitola	5	6,3	8	10	12,5	16	Aço	Concreto	Forma
	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	m ³	m ²
Pilares	79	-	-	59	173	209	520	4,12	70,77
Vigas	205	54	43	472	113	182	1069	18,93	186,24
Lajes	30	259	46	2	-	-	337	13,44	-
Totais	314	313	89	533	286	391	1926	36,49	257,01
Pavimento Térreo									
Bitola	5	6,3	8	10	12,5	16	Aço	Concreto	Forma
	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	m ³	m ²
Pilares	73	-	-	178	22	55	328	2,81	42,48
Vigas	7	289	272	157	51	54	830	11,26	151,79
Totais	80	289	272	335	73	109	1158	14,07	194,27
Pavimento Fundação									
Bitola	5	6,3	8	10	12,5	16	Aço	Concreto	Forma
	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	m ³	m ²
Fundações	-	-	-	377	177	-	554	13,22	36,77
Totais	-	-	-	377	177	-	554	13,22	36,77

Fonte: Autor (2023)

Quadro 20 - Quantidade de material usado na estrutura para *drywall*

Pavimento Topo da Caixa D'água									
Bitola	5	6,3	8	10	12,5	16	Aço	Concreto	Forma
	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	m ³	m ²
Pilares	6	-	-	-	25	-	31	0,39	6,3
Vigas		17	6	39	-	-	62	0,94	13,22
Lajes	2	9	2		-	-	13	1,04	-
Totais	8	26	8	39	25	-	106	2,37	19,52
Pavimento Barrilete									
Bitola	5	6,3	8	10	12,5	16	Aço	Concreto	Forma

	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	m ³	m ²
Pilares	5	-	-	11	14	-	30	0,26	4,2
Vigas	17	-	4	45	32	-	98	1,48	15,59
Lajes	5	36	51	82	-	-	174	2,1	14,01
Totais	27	36	55	138	46	-	302	3,84	33,8
Pavimento Cobertura									
Bitola	5	6,3	8	10	12,5	16	Aço	Concreto	Forma
	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	m ³	m ²
Pilares	61	-	-	145	3	-	209	2,88	51,15
Vigas	202	18	45	469	48	12	794	16,89	174,82
Lajes	11	150	2	-	-	-	163	10,13	-
Totais	274	168	47	614	51	12	1166	29,9	225,97
Pavimento 3									
Bitola	5	6,3	8	10	12,5	16	Aço	Concreto	Forma
	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	m ³	m ²
Pilares	64	-	-	167	-	-	231	3,03	54
Vigas	216	33	53	451	145	90	988	18,77	184,81
Lajes	12	170	30	-	-	-	212	12,59	-
Totais	292	203	83	618	145	90	1431	34,39	238,81
Pavimento 2									
Bitola	5	6,3	8	10	12,5	16	Aço	Concreto	Forma
	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	m ³	m ²
Pilares	64	-	-	168	-	-	232	3,03	54
Vigas	214	56	54	464	148	90	1026	18,82	185,35
Lajes	12	170	30	-	-	-	212	12,59	-
Totais	290	226	84	632	148	90	1470	34,44	239,35
Pavimento 1									
Bitola	5	6,3	8	10	12,5	16	Aço	Concreto	Forma
	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	m ³	m ²
Pilares	73	-	-	69	171	116	429	3,49	61,67
Vigas	218	33	46	482	86	160	1025	18,65	183,66
Lajes	12	173	30	-	-	-	215	12,62	-
Totais	303	206	76	551	257	276	1669	34,76	245,33
Pavimento Térreo									
Bitola	5	6,3	8	10	12,5	16	Aço	Concreto	Forma
	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	m ³	m ²

Pilares	61	-	-	172	22	28	283	2,13	38,13
Vigas	-	298	293	152	10	43	796	11,53	155,29
Totais	61	298	293	324	32	71	1079	13,66	193,42
Pavimento Fundação									
Bitola	5	6,3	8	10	12,5	16	Aço	Concreto	Forma
	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	m³	m²
Fundações	-	-	-	435	60	-	495	11,4	34,31
Totais	-	-	-	435	60	-	495	11,4	34,31

Fonte: Autor (2023)

O resumo da quantidade de material utilizada em cada estrutura está listado no Quadro 21 e Quadro 22 para cada um dos edifícios.

Quadro 21 - Resumo de materiais bloco cerâmico

Bitola	5	6.3	8	10	12.5	16	Aço	Concreto	Forma
	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	m³	m²
Topo da cx	25	10	6	45	14	19	119	2.69	20.32
Barrilete	27	36	55	130	42	27	317	3.84	33.77
Cobertura	282	170	48	638	45	13	1196	30.32	232.60
Pav 3	318	319	116	606	209	148	1716	36.30	248.12
Pav 2	315	340	115	596	244	146	1756	36.30	248.12
Pav 1	314	313	89	533	286	391	1926	36.49	257.01
Térreo	80	289	272	335	73	109	1158	14.07	194.27
Fundação	-	-	-	377	177	-	554	13.22	36.77
Totais	1361	1477	701	3260	1090	853	8742	173.23	1270.98

Fonte: Autor (2023)

Quadro 22 - Resumo de materiais *drywall*

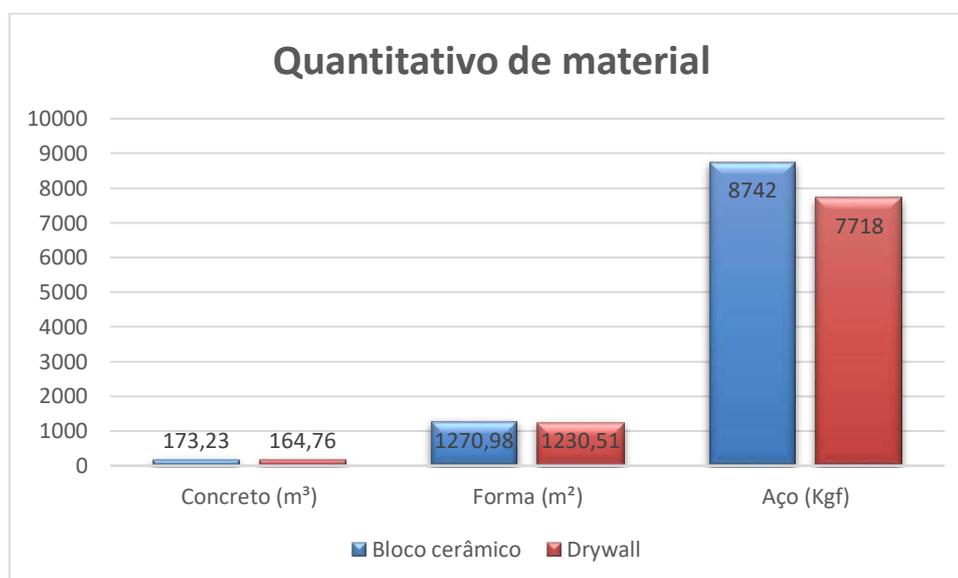
Bitola	5	6.3	8	10	12.5	16	Aço	Concreto	Forma
	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	m³	m²
Topo da cx	8	26	8	39	25	-	106	2.37	19.52
Barrilete	27	36	55	138	46	-	302	3.84	33.80
Cobertura	274	168	47	614	51	12	1166	29.90	225.97
Pav 3	292	203	83	618	145	90	1431	34.39	238.81

Pav 2	290	226	84	632	148	90	1470	34.44	239.35
Pav 1	303	206	76	551	257	276	1669	34.76	245.33
Térreo	61	298	293	324	32	71	1079	13.66	193.42
Fundação	-	-	-	435	60	-	495	11.40	34.31
Totais	1255	1163	646	3351	764	539	7718	164.76	1230.51

Fonte: Autor (2023)

Comparando ambos, através do Gráfico 1 é possível notar que houve uma baixa redução na quantidade de concreto e forma, mas uma redução expressiva no consumo de aço com redução de 1024 kg. Influenciando assim, diretamente no orçamento da infraestrutura e da superestrutura.

Gráfico 1 - Comparação do quantitativo de material



Fonte: Autor (2023)

4.4. Valor de cada estrutura

Portanto, após todo o levantamento do quantitativo de material que seria utilizado em cada estrutura foi possível chegar ao orçamento total de cada um. Segue no Quadro 23 o orçamento sintético de cada edifício.

Quadro 23 - Orçamento das estruturas

ITEM	CÓDIGO SINAPI	DESCRIÇÃO	UN.	QUANTIDADE		PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL	
				BLOCO CERÂMICO	DRYWALL		BLOCO CERÂMICO	DRYWALL
1		INFRAESTRUTURA					R\$ 93.304,90	R\$ 89.475,96
1.01	96523	Escavação manual para bloco de coroamento ou sapata (incluindo escavação para colocação de fôrmas)	M³	18,43	15,95	R\$ 79,05	R\$ 1.456,89	R\$ 1.260,85
1.02	96527	Escavação manual de vala para viga baldrame (incluindo escavação para colocação de fôrmas)	M³	166,97	170,82	R\$ 103,92	R\$ 17.351,52	R\$ 17.751,61
1.03	96619	Lastro de concreto magro, aplicado em blocos de coroamento ou sapatas, espessura de 5 cm.	M2	28,19	28,62	R\$ 29,84	R\$ 841,19	R\$ 854,02
1.04	96535	Fabricação, montagem e desmontagem de fôrma para sapata, em madeira serrada, e=25 mm, 4 utilizações.	M²	36,77	34,31	R\$ 140,09	R\$ 5.151,11	R\$ 4.806,49
1.05	96536	Fabricação, montagem e desmontagem de fôrma para viga baldrame, em madeiraserrada, e=25 mm, 4 utilizações.	M²	151,79	155,29	R\$ 74,16	R\$ 11.256,75	R\$ 11.516,31
1.06	92263	Fabricação de fôrma para pilares e estruturas similares, em chapa de madeira compensada resinada, e = 17 mm.	M²	42,48	38,13	R\$ 206,10	R\$ 8.755,13	R\$ 7.858,59
1.07	96543	Armação de bloco, viga baldrame e sapata utilizando aço ca-60 de 5 mm - montagem.	KG	7	0	R\$ 19,21	R\$ 134,47	R\$ 0,00

1.08	96545	Armação de bloco, viga baldrame ou sapata utilizando aço ca-50 de 6,3 mm - montagem.	KG	289	298	R\$ 17,47	R\$ 5.048,83	R\$ 5.206,06
1.09	96546	Armação de bloco, viga baldrame ou sapata utilizando aço ca-50 de 8 mm - montagem.	KG	272	293	R\$ 15,75	R\$ 4.284,00	R\$ 4.614,75
1.10	96547	Armação de bloco, viga baldrame ou sapata utilizando aço ca-50 de 10 mm - montagem.	KG	534	587	R\$ 13,38	R\$ 7.144,92	R\$ 7.854,06
1.11	96548	Armação de bloco, viga baldrame ou sapata utilizando aço ca-50 de 12,5 mm - montagem.	KG	228	70	R\$ 12,78	R\$ 2.913,84	R\$ 894,60
1.12	96549	Armação de bloco, viga baldrame ou sapata utilizando aço ca-50 de 16 mm - montagem.	KG	54	43	R\$ 14,31	R\$ 772,74	R\$ 615,33
1.13	92759	Armação de pilar ou viga de estrutura convencional de concreto armado utilizando aço ca-60 de 5,0 mm - montagem.	KG	73	61	R\$ 16,28	R\$ 1.188,44	R\$ 993,08
1.14	92760	Armação de pilar ou viga de estrutura convencional de concreto armado utilizando aço ca-50 de 6,3 mm - montagem.	KG	0	0	R\$ 16,12	R\$ 0,00	R\$ 0,00
1.15	92761	Armação de pilar ou viga de estrutura convencional de concreto armado utilizando aço ca-50 de 8 mm - montagem.	KG	0	0	R\$ 15,65	R\$ 0,00	R\$ 0,00
1.16	92762	Armação de pilar ou viga de estrutura convencional de concreto armado utilizando aço ca-50 de 10 mm - montagem.	KG	178	172	R\$ 14,25	R\$ 2.536,50	R\$ 2.451,00

1.17	92763	Armação de pilar ou viga de estrutura convencional de concreto armado utilizando aço ca-50 de 12,5 mm - montagem.	KG	22	22	R\$ 12,14	R\$ 267,08	R\$ 267,08
1.18	92764	Armação de pilar ou viga de estrutura convencional de concreto armado utilizando aço ca-50 de 16 mm - montagem.	KG	55	28	R\$ 11,88	R\$ 653,40	R\$ 332,64
1.19	98562	Impermeabilização de floreira ou viga baldrame com argamassa de cimento e areia, com aditivo impermeabilizante, e = 2 cm.	M ²	151,79	155,29	R\$ 37,84	R\$ 5.743,73	R\$ 5.876,17
1.20	96558	Concretagem de sapatas, fck 30 mpa, com uso de bomba lançamento, adensamento e acabamento.	M ³	13,22	11,4	R\$ 670,65	R\$ 8.865,99	R\$ 7.645,41
1.21	103675	Concretagem de vigas e lajes, fck=25 mpa, para lajes maciças ou nervuradas com uso de bomba - lançamento, adensamento e acabamento.	M ³	11,26	11,53	R\$ 635,28	R\$ 7.153,25	R\$ 7.324,78
1.22	103672	Concretagem de pilares, fck = 25 mpa, com uso de bomba - lançamento, adensamento e acabamento.	M ³	2,81	2,13	R\$ 635,27	R\$ 1.785,11	R\$ 1.353,13
2		SUPERESTRUTURA					R\$ 405.407,45	R\$ 382.987,72
2.01	92263	Fabricação de fôrma para pilares e estruturas similares, em chapa de madeira compensada resinada, e = 17 mm.	M ²	262,49	231,32	R\$ 206,10	R\$ 54.099,19	R\$ 47.675,05
2.02	92265	Fabricação de fôrma para vigas, em chapa de madeira compensada resinada, e = 17 mm.	M ²	763,44	757,45	R\$ 143,27	R\$ 109.378,05	R\$ 108.519,86

2.03	92759	Armação de pilar ou viga de estrutura convencional de concreto armado utilizando aço ca-60 de 5,0 mm - montagem.	KG	1163	1140	R\$ 16,28	R\$ 18.933,64	R\$ 18.559,20
2.04	92760	Armação de pilar ou viga de estrutura convencional de concreto armado utilizando aço ca-50 de 6,3 mm - montagem.	KG	185	157	R\$ 16,12	R\$ 2.982,20	R\$ 2.530,84
2.05	92761	Armação de pilar ou viga de estrutura convencional de concreto armado utilizando aço ca-50 de 8 mm - montagem.	KG	198	208	R\$ 15,65	R\$ 3.098,70	R\$ 3.255,20
2.06	92762	Armação de pilar ou viga de estrutura convencional de concreto armado utilizando aço ca-50 de 10 mm - montagem.	KG	2448	2510	R\$ 14,25	R\$ 34.884,00	R\$ 35.767,50
2.07	92763	Armação de pilar ou viga de estrutura convencional de concreto armado utilizando aço ca-50 de 12,5 mm - montagem.	KG	838	672	R\$ 12,14	R\$ 10.173,32	R\$ 8.158,08
2.08	92764	Armação de pilar ou viga de estrutura convencional de concreto armado utilizando aço ca-50 de 16 mm - montagem.	KG	744	468	R\$ 11,88	R\$ 8.838,72	R\$ 5.559,84
2.09	103675	Concretagem de vigas e lajes, fck=25 mpa, para lajes maciças ou nervuradas com uso de bomba - lançamento, adensamento e acabamento.	M³	130,75	126,62	R\$ 635,28	R\$ 83.062,86	R\$ 80.439,15
2.10	103672	Concretagem de pilares, fck = 25 mpa, com uso de bomba - lançamento, adensamento e acabamento.	M³	15,19	13,08	R\$ 635,27	R\$ 9.649,75	R\$ 8.309,33

2.11	92768	Armação de laje de estrutura convencional de concreto armado utilizando aço ca-60 de 5,0 mm - montagem.	KG	118	54	15,89	R\$ 1.875,02	R\$ 858,06
2.12	92769	Armação de laje de estrutura convencional de concreto armado utilizando aço ca-50 de 6,3 mm - montagem.	KG	1003	708	15,7	R\$ 15.747,10	R\$ 11.115,60
2.13	92770	Armação de laje de estrutura convencional de concreto armado utilizando aço ca-50 de 8,0 mm - montagem.	KG	231	145	15,26	R\$ 3.525,06	R\$ 2.212,70
2.14	92771	Armação de laje de estrutura convencional de concreto armado utilizando aço ca-50 de 10,0 mm - montagem.	KG	100	82	13,88	R\$ 1.388,00	R\$ 1.138,16
2.15	92772	Armação de laje de estrutura convencional de concreto armado utilizando aço ca-50 de 12,5 mm - montagem.	KG	2	0	R\$ 11,80	R\$ 23,60	R\$ 0,00
2.16	-	Custo forma de nervuras	UN	-	-	-	R\$ 19.415,00	R\$ 21.305,00
2.17	-	Custo vigotas treliçadas	UN	-	-	-	R\$ 28.333,24	R\$ 27.584,14
3		VEDAÇÃO					R\$ 80.812,99	R\$ 89.960,84
3.01	103324	Alvenaria de vedação de blocos cerâmicos furados na vertical de 14x19x39 cm (espessura 14 cm) e argamassa de assentamento com preparo em betoneira.	M ²	851,38	0	R\$ 61,04	R\$ 51.968,24	R\$ 0,00

3.02	87529	Massa única, para recebimento de pintura, em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400l, aplicada manualmente em faces internas de paredes, espessura de 20mm, com execução de taliscas.	M ²	851,38	0	R\$ 29,56	R\$ 25.166,79	R\$ 0,00
3.03	104411	Chapisco aplicado em alvenaria e estruturas de concreto internas, com equipamento de projeção. Argamassa traço 1:3 com preparo em betoneira 400 l.	M ²	851,38	0	R\$ 4,32	R\$ 3.677,96	R\$ 0,00
3.04	96358	Parede com placas de gesso acartonado (<i>drywall</i>), para uso interno, com duas faces simples e estrutura metálica com guias simples, sem vãos.	M ²	0	851,38	R\$ 100,53	R\$ 0,00	R\$ 85.589,23
3.05	96373	Instalação de reforço metálico em parede <i>drywall</i> .	M	0	296,38	R\$ 14,75	R\$ 0,00	R\$ 4.371,61
						TOTAL	R\$ 579.525,33	R\$ 562.424,51

Fonte: Autor (2023)

Após a análise dos quadros é possível afirmar que o estudo obteve como resultado que a substituição da alvenaria em bloco cerâmico por *drywall* apresentou uma economia de R\$ 17.100,82 em relação ao valor total, o que representa cerca de 2,95%. Além disso, o custo com infraestrutura e superestrutura, somadas, foi reduzido em R\$ 26.248,67 em função da redução da quantidade de materiais. No Quadro 24 está um resumo de cada orçamento por grupo, sendo eles a infraestrutura, superestrutura e vedação. Vale mencionar que não foi levado em consideração o custo com frete ou dificuldade de mão de obra, visto que o orçamento foi feito com base na tabela SINAPI.

Quadro 24 - Resumo dos orçamentos

Item	Descrição	Bloco cerâmico	<i>Drywall</i>	Diferença em %
1	INFRAESTRUTURA	R\$ 93.304,90	R\$ 89.475,96	4,1
2	SUPERESTRUTURA	R\$ 405.407,45	R\$ 382.987,72	5,53
3	VEDAÇÃO	R\$ 80.812,99	R\$ 89.960,84	10,17
TOTAL		R\$ 579.525,33	R\$ 562.424,51	2,95

5. CONCLUSÕES

A partir desse estudo foi observado que as alvenarias em bloco cerâmico causam uma carga maior na estrutura que o sistema construtivo em *drywall* sendo assim a substituição desses fechamentos verticais proporcionam margem para um melhoramento dos elementos estruturais, respeitando a ABNT NBR 6118-2014, o que implica na geração de economia tanto na infraestrutura como na superestrutura.

A economia de material nas etapas supracitadas gerou redução de custos na estrutura e que apesar do sistema construtivo em *drywall* ser mais caro, levando em consideração apenas o item 3 do orçamento referente a vedação, que o em bloco cerâmico essa troca foi compensada em função do melhoramento estrutural feito nos elementos e redução do material utilizado.

Assim, apesar da diferença no custo total da obra não ter sido tão alto, é possível concluir com o estudo que o *drywall* acaba trazendo mais economia para a obra e também outras vantagens como por exemplo mais produtividade no processo executivo e uma menor geração de resíduos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMADEI, Daysa Ione Braga et al. A QUESTÃO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL: um breve estado da arte. **Nupem**, Campo Mourão, v. 3, n. 5, p. 185-199, dez. 2011. Disponível em: <https://periodicos.unespar.edu.br/index.php/nupem/article/view/5304>. Acesso em: 25 mar. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14715-1**: Chapas de gesso para drywall Parte 1: requisitos. 1 ed. Rio de Janeiro, 2010. 1 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15270-1: Componentes Cerâmicos - Blocos e tijolos para alvenaria Parte 1: requisitos. 2 ed. Rio de Janeiro, 2017. 26 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4**: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE. 4 ed. Rio de Janeiro: ., 2013. 63 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. 3 ed. Rio de Janeiro: ., 2014. 238 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6120: Ações para o cálculo de estruturas de edificação. 2 ed. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122**: Projetos E Execução de Fundações. 3 ed. Rio de Janeiro: ., 2019. 108 p.

BASTOS, Paulo Sergio. **Notas de aula**. 2006. Disponível em: https://www.feb.unesp.br/pbastos/pag_concreto1.htm. Acesso em: 06 abr. 2023.

BASTOS, Pedro Kopschitz Xavier. CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS. 2019. Disponível em: <https://www.studocu.com/pt-br/document/universidade-federal-do-ceara/projeto-e-construcao-de-edificios-i/apostila-construcao-de-edificios-2019-1-prof/37143711>. Acesso em: 15 abr. 2023.

BAUER, Luiz Alfredo Falcão. **Materiais de construção**. 6. ed. Rio de Janeiro: Ltc Livros Técnicos e Científicos, 2019. 1 p.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos; MARCHETTI, Osvaldemar. **Concreto armado eu te amo**. 9. ed. São Paulo: Blucher, 2018. 536 p.

Caixa Econômica Federal. **SINAPI – Ref Insumos Composição RN 042023 Desonerado**. 2023. Disponível em: https://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_657. Acesso em: 15 abr. 2023.

CARDOSO, Roberto Sales. **Orçamento de Obras em Foco**. 4. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2020. 1 p.

CARLOS, Antônio et al. **Viabilidade do uso de drywall para fechamentos de paredes internas comparado à alvenaria convencional**. 2022. 22 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Una, Catalão-Go, 2022. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/31771>. Acesso em: 15 abr. 2023.

CARVALHO, Roberto Chust; FIGUEIREDO FILHO, Jasson Rodrigues de. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado**: segundo a nbr 6118:2014. 4. ed. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2017.

DRYWALL, Gypsum (ed.). **Catálogo Técnico**: anual técnico para especificação e montagem de sistemas gypsum drywall. anual Técnico para Especificação e Montagem de Sistemas Gypsum Drywall. 2014. Disponível em: https://www.gypsum.com.br/pt-br/centro-de-apoio/documentos/?filter=documentType.eq.TechnicalCatalogue&page=1&page_size=9&sort=Id&sort_type=desc. Acesso em: 15 abr. 2023.

FERREIRA, Iago Monteiro. **Análise comparativa em estrutura de concreto armado utilizando o software TQS**: estudo de caso entre diferentes sistemas de vedação vertical. 2021. 80 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2021. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/28552>. Acesso em: 04 abr. 2023.

GUERREIRO, Taynara de Souza. **Estudo de caso**: comparativo da execução e da geração de resíduos entre bloco cerâmico e sistema drywall em edifício habitacional. 2020. 1 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, 2020.

HIBBELER, Russell Charles. **R. C. Resistência dos Materiais**. 7. ed. São Paulo: Pearson, 2010. 1 p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil**. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/precos-e-custos/9270-sistema-nacional-de-pesquisa-de-custos-e-indices-da-construcao-civil.html?t=o-que-e>. Acesso em: 20 abr. 2023.

KRIPKA, Moacir. **Análise estrutural para engenharia civil e arquitetura**: estruturas isostáticas. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2020.

LABUTO, Leonardo Vinícius. **Parede seca – sistema construtivo de fechamento em estrutura de drywall**. 2014. 58 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUBD-A2SHCJ>. Acesso em: 15 abr. 2023.

LIMA, Vivian Cabral. **Análise comparativa entre alvenaria em bloco cerâmico e painéis em gesso acartonado para o uso como vedação em edifícios**: estudo de caso em edifício de multipavimentos na cidade de Feira de Santana. 2012. 1 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2012.

PAIXÃO, Priscila Leite. **Otimização do custo de lajes formadas por vigotas treliçadas considerando diferentes materiais de enchimento**. 2023. 39 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2023. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/handle/riufcg/29739>. Acesso em: 06 abr. 2023.

PARSEKIAN, G. A.; SOARES, M. M.. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos**: projeto, execução e controle. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010. 238 p.

RIBEIRO, A. C. M.; FREITAS, M. V. M.. **Análise de custo, entre Drywall e Alvenaria Convencional**: um estudo de caso em Goiás. 2021. 12 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiás, 2021. Disponível em: <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/handle/123456789/3237>. Acesso em: 10 abr. 2023.

SÁ, Gabriel Alves de. **Análise comparativa entre os softwares TQS e EBERICK no dimensionamento estrutural em concreto armado de uma edificação residencial**. 2021. 102 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2021. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/27250>. Acesso em: 27 mar. 2023.

SIMAS, Reginaldo Elzo. **Estudo da racionalização da alvenaria para construção de habitações**. 2011. 85 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2011.

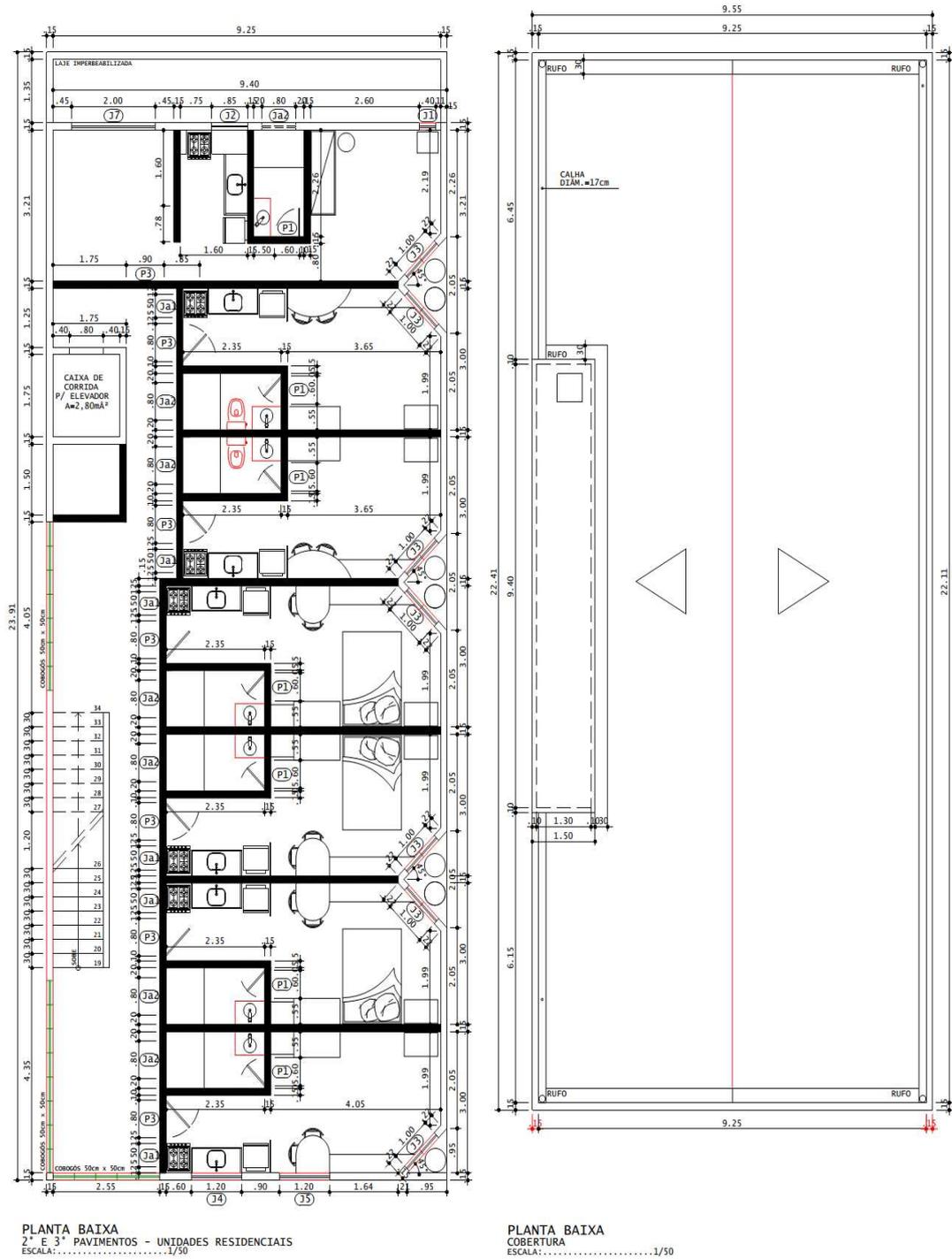
THOMAZ, Ercio et al. **Código de práticas**: nº 1. nº 1. 2009. Disponível em: http://www.ipt.br/projeto/2-codigos_de_praticas_na_construcao_civil.htm. Acesso em: 10 abr. 2023.

VALIN JUNIOR, Marcos. **Vedações Verticais Alvenaria**. 2017. Disponível em: <https://docplayer.com.br/41344707-Historia-da-alvenaria.html>. Acesso em: 15 abr. 2023.

VELLOSO, Dirceu de Alencar; LOPES, Francisco de Rezende. **Fundações**: critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais, fundações profundas. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 1 p.

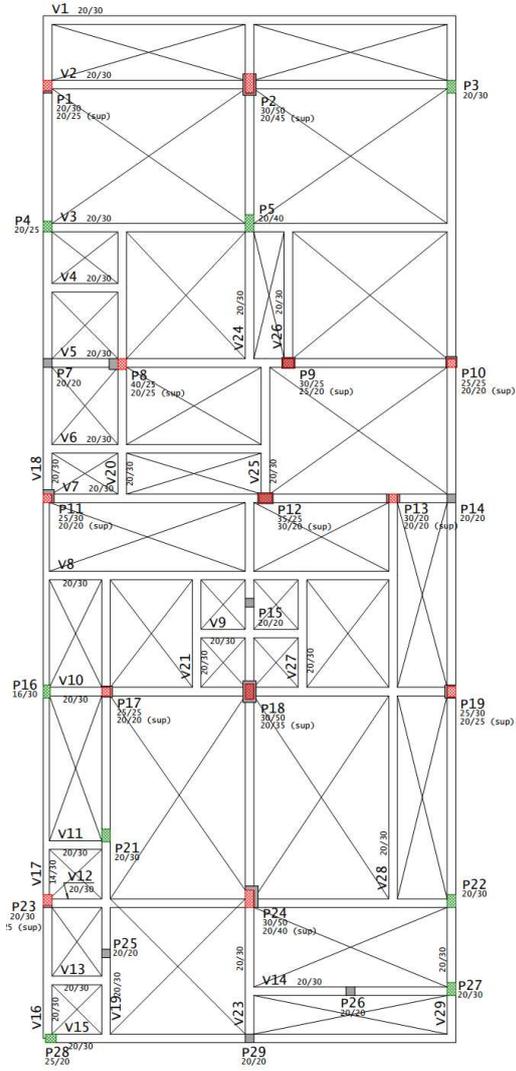
YAZIGI, Walid. **A técnica de edificar**. 10. ed. São Paulo: Pini, 2009.

ANEXO A – Alvenarias internas planta baixa

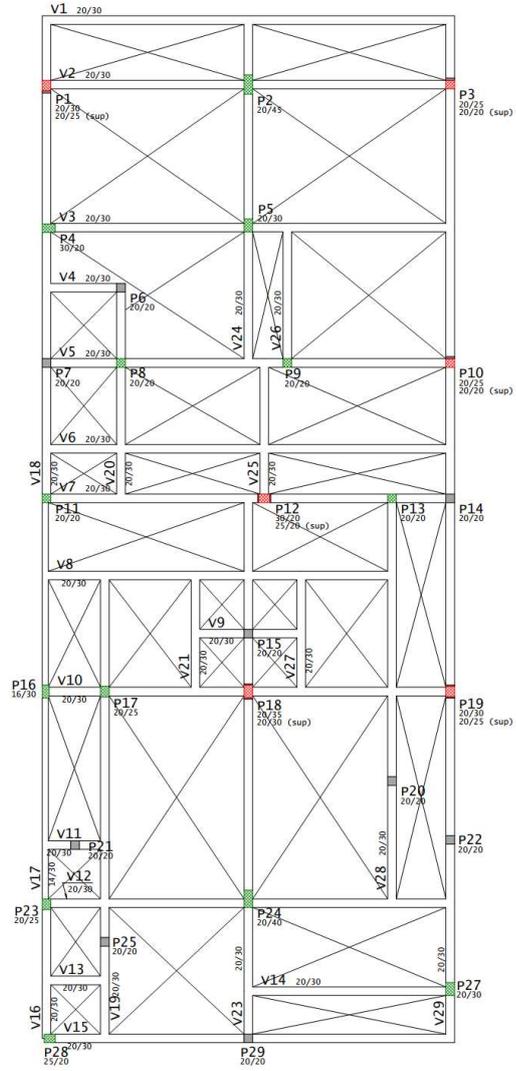


ANEXO B – Plantas de formas

Pavimento Térro Cerâmico

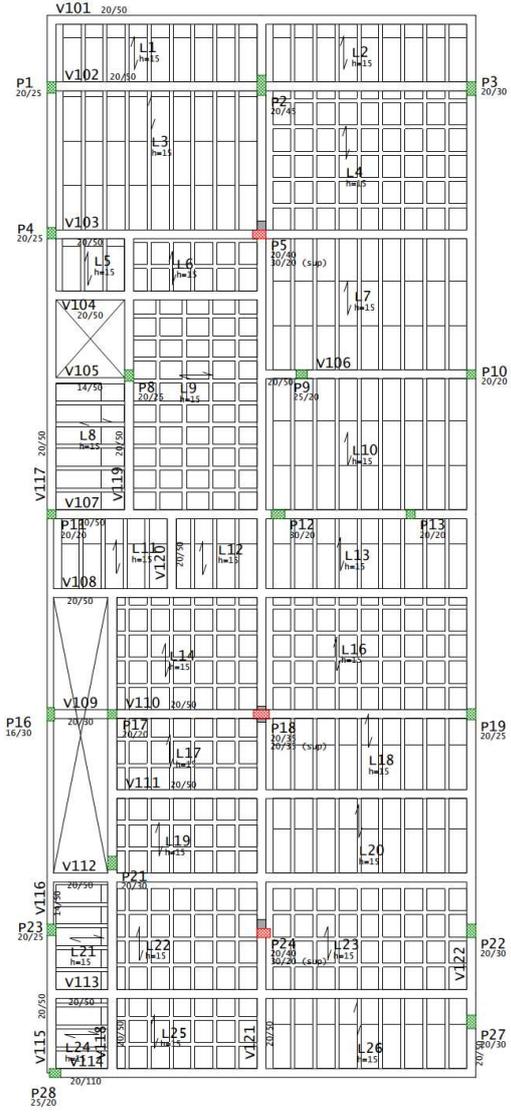


Pavimento Térro Drywall

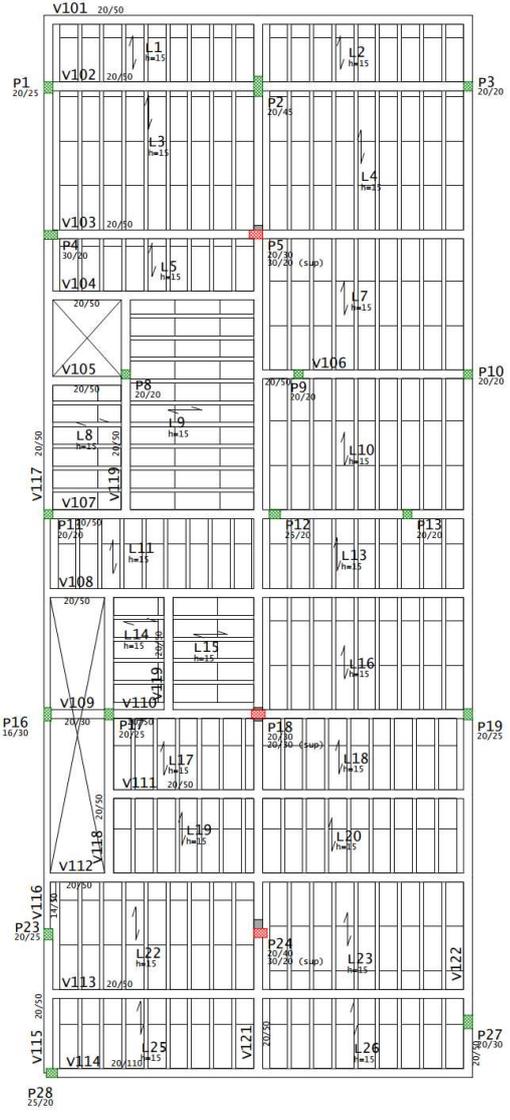


Legenda	
	Pilares que nascem
	Pilares que passam
	Pilares que morrem
	Pilares que mudam a seção

Pavimento 1 Carêamico

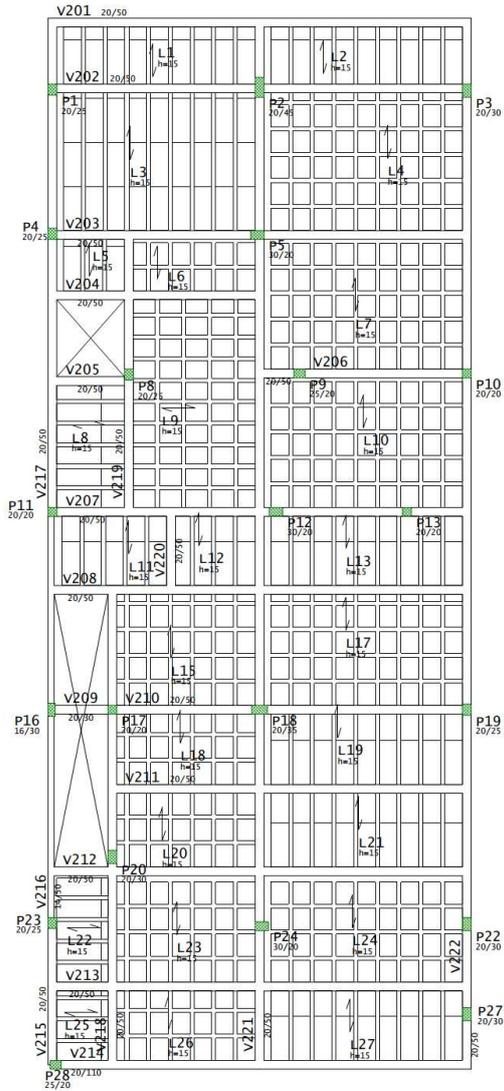


Pavimento 1 Drywall

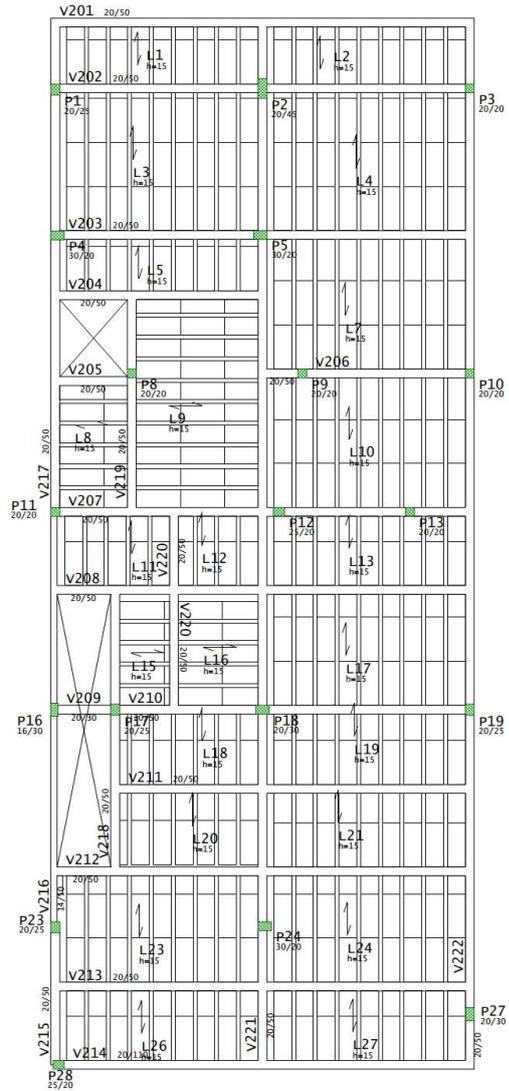


Convenção de pilares	
	Pilares que nascem
	Pilares que passam
	Pilares que morrem
	Pilares que mudam a seção

Pavimento 2 e 3 Cerâmico



Pavimento 2 e 3 Drywall



Convenção de pilares	
	Pilares que nascem
	Pilares que passam
	Pilares que morrem
	Pilares que mudam a seção