



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS DE PALMAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

LUCAS MARQUES NOGUEIRA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA VEDAÇÕES INTERNAS:
COMPARATIVO ENTRE *DRYWALL* E ALVENARIA DE BLOCOS CERÂMICOS
ESTUDO DE CASO “RESIDENCIAL CLASSIC”**

Palmas/TO
2020

LUCAS MARQUES NOGUEIRA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA VEDAÇÕES INTERNAS:
COMPARATIVO ENTRE *DRYWALL* E ALVENARIA DE BLOCOS CERÂMICOS
ESTUDO DE CASO “RESIDENCIAL CLASSIC”**

Monografia apresentada à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Palmas, do curso de Engenharia Civil, como requisito parcial a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Professor Me. Rafael Alves Amorim

Co-orientador: Professor Jeverson Luiz Azevedo Carlos

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

N778a Nogueira, Lucas Marques.

Análise de viabilidade econômica para vedações internas : comparativo entre drywall e alvenaria de blocos cerâmicos: estudo de caso Residencial Classic . / Lucas Marques Nogueira. – Palmas, TO, 2020.

88 f.

Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Engenharia Civil, 2020.

Orientador: Rafael Alves Amorim

Coorientador: Jeverson Luiz Azevedo Carlos

1. Análise comparativa. 2. Análise estrutural. 3. Bloco cerâmico. 4. Drywall. I. Título

CDD 624

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

LUCAS MARQUES NOGUEIRA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA VEDAÇÕES INTERNAS:
COMPARATIVO ENTRE *DRYWALL* E ALVENARIA DE BLOCOS CERÂMICOS
ESTUDO DE CASO “RESIDENCIAL CLASSIC”**

Monografia apresentada à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Palmas, do curso de Engenharia Civil, como requisito parcial a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Data de Aprovação: 07/12/2020

Banca examinadora:



Prof. Me. Rafael Alves Amorim - Orientador, UFT.



Prof. Dr. Roldão Pimentel de Araujo Junior - Examinador, UFT.



Prof. Me. Daniel Iglesias de Carvalho - Examinador, UFT.

Palmas-TO

2020

AGRADECIMENTOS

Agradeço e honro primeiramente a Deus, autor da vida e senhor do eterno por toda a paciência, cautela, sabedoria e força me dada em todos os anos de minha vida.

Aos meu pais, Sávio César Nogueira, também engenheiro civil, por todo o apoio e conhecimento transmitido, e Iolete Maria Marques Ribeiro Nogueira por todo o amor e carinho a mim dado, e as minhas irmãs Isabela Marques Nogueira e Sofia Marques Nogueira por sempre me apoiarem e não medirem esforços para me alegrar, vocês são essenciais em minha vida.

A todos os meus parentes por sempre me incentivarem, obrigado pela confiança, apoio moral e por acreditarem no meu sonho.

Aos meus amigos que estiveram ao me lado nessa jornada, pelo total apoio e amizade demonstrada por me alegrarem e compartilharem vários momentos comigo.

Aos meus mentores de estágio a qual tive contato nessa etapa da minha vida, pelo conhecimento transmitido, e que foram fundamentais para minha formação acadêmica e profissional.

A todos os professores que tive contato, por contribuírem cada um com um pouco de conhecimento para minha formação, em especial meu orientador Rafael Alves Amorim, por toda paciência, conselhos e atenção a mim dedicados.

Por fim agradeço a todos que contribuíram de alguma forma para minha formação como pessoa e profissional.

“Imagine uma nova história para sua vida e acredite nela”

(Paulo Coelho)

RESUMO

A ascensão tecnológica nos últimos anos possibilitou múltiplas facilidades em todos os setores da sociedade, entre eles o setor da engenharia civil, altamente impactado pelas novas tecnologias exige um aperfeiçoamento constante em suas metodologias construtivas, bem como da aceleração na produtividade, ao passo que as exigências mundiais recorrem a redução de resíduos e impactos ambientais. Neste cenário o presente trabalho foi sugerido, abordando a viabilidade do uso da tecnologia de construção a seco e alta produtividade *drywall* como metodologia construtiva de vedação interna em edifícios esbeltos em um estudo de caso de um edifício com dezesseis pavimentos. Foi realizada uma análise comparativa das influências do peso próprio das vedações internas em alvenaria de blocos cerâmicos e em *drywall* na estrutura do edifício ao realizar o dimensionamento estrutural com o auxílio do *software* Eberick, todos os elementos estruturais foram lançados com base no projeto estrutural executado do edifício, mudando-se o carregamento das paredes de vedação internas, devido isso dois projetos foram gerados. Com os projetos realizados procedeu-se a análise dos resultados, o qual envolveu comparativos de estabilidade global através do coeficiente Gama-Z (γZ) e entre elementos estruturais tais como vigas, pilares e lajes bem como o quantitativo de insumos (aço, concreto e fôrmas) para os dois casos. Após as análises estruturais foi levantado os custos para os insumos da estrutura e para a execução das vedações nos dois projetos, para o primeiro caso todas as paredes em alvenaria com blocos cerâmicos e para o segundo caso mudando apenas as paredes internas para *drywall*. Constatou-se uma redução de 5,6% nos custos para os insumos para a estrutura do projeto composto com paredes internas em *drywall* e uma redução de 1,9% ao somar o conjunto estrutura-vedação para esse mesmo projeto com placas de gesso acartonado sem a presença de lã de rocha e um aumento de 4,45% com a presença da lã de rocha em comparativo ao projeto com alvenaria de blocos cerâmicos em toda as vedações.

Palavras-chave: Análise comparativa, Análise estrutural, Custo, Bloco cerâmico, *Drywall*.

ABSTRACT

The technological rise in recent years has enabled multiple facilities in all sectors of society, including the civil engineering sector, which is highly impacted by new technologies, requires constant improvement in its construction methodologies, as well as acceleration in productivity, while global requirements resort to waste reduction and environmental impacts. In this scenario, the present work was suggested, addressing the feasibility of using dry construction technology and high drywall productivity as a constructive methodology for internal sealing in slender buildings in a case study of a building with sixteen floors. A comparative analysis of the influence of the weight of the internal seals in masonry of ceramic blocks and in drywall on the building structure was carried out when carrying out the structural dimensioning with the aid of the Eberick software, all structural elements were launched based on the structural design executed of the building, changing the loading of the internal fence walls, due to this two projects were generated. With the projects carried out, the results were analyzed, which involved comparisons of global stability through the Gamma-Z coefficient (γZ) and between structural elements such as beams, columns and slabs as well as the quantity of inputs (steel, concrete and forms) for both cases. After the structural analyzes, the costs for the inputs of the structure and for the execution of the seals in both projects were raised, for the first case all masonry walls with ceramic blocks and for the second case changing only the internal walls for drywall. There was a 5.6% reduction in costs for the inputs for the structure of the composite project with internal walls in drywall and a reduction of 1.9% when adding the structure-fence set for that same project with plasterboard. without the presence of rock wool and an increase of 4.45% with the presence of rock wool compared to the design with masonry of ceramic blocks in all fences.

Keywords: Comparative analysis, Structural analysis, Cost, Ceramic block, Drywall.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Blocos cerâmicos de vedação.....	19
Figura 2 - Blocos cerâmicos complementares.....	19
Figura 3 - Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos	20
Figura 4 – Requisitos exigidos para blocos cerâmicos	21
Figura 5 – Tipos de blocos cerâmicos.....	21
Figura 6 – Marcação e primeira fiada	23
Figura 7 – Linha guia para assentamento.....	24
Figura 8 – Encabeçamento, assentamento, controle de prumo e nível da alvenaria	24
Figura 9 – Encunhamento	25
Figura 10 – Chapas de Gesso acartonado: ST, RF e RU	26
Figura 11 – Esquemática montagem parede drywall.....	27
Figura 12 – Tolerância de características geométricas para as chapas de gesso	28
Figura 13 – Valores para características físicas e mecânicas para as chapas de gesso.....	28
Figura 14 – Tolerância de características para perfis metálicos	29
Figura 15 – Tipos de perfis de aço para sistema drywall.....	30
Figura 16 – Tipos de parafusos para drywall	31
Figura 17 – Fixação das guias	32
Figura 18 – Fixação dos montantes	33
Figura 19 – Instalação das chapas de gesso	33
Figura 20 – Isolamento acústico da parede drywall	34
Figura 21 – Rejuntamento das emendas.....	34
Figura 22 – Isolamento acústico da parede drywall	35
Figura 23 – Consumo de m ² /hab*ano de chapas drywall no mundo.....	37
Figura 24 – Fluxograma da sequência de estudo.....	44
Figura 25 – Localização Residencial Classic	45
Figura 26 – Planta baixa do Pavimento Tipo	46
Figura 27 – Corte AA.....	47
Figura 28 – Pavimentos do projeto.....	51
Figura 29 – Planta do pavimento tipo lançada	52
Figura 30 – Configurações de análise.....	52
Figura 31 – Configurações de vento	53
Figura 32 – Configurações de materiais e durabilidade.....	54

Figura 33 – Modelo 3D.....	56
Figura 34 – Localização da Laje 9.....	58
Figura 35 – Localização da Viga 63	60
Figura 36 – Carregamento da V63 – Concepção 1 (Bloco Cerâmico)	61
Figura 37 – Esforços cortantes da V63 - Concepção 1 (Bloco Cerâmico)	61
Figura 38 – Esforços de Momento Fletor da V63 - Concepção 1 (Bloco Cerâmico).....	61
Figura 39 – Carregamento da V63 – Concepção 2 (Drywall).....	62
Figura 40 – Esforços cortantes da V63 - Concepção 2 (Drywall).....	62
Figura 41 – Esforços de Momento Fletor da V63 - Concepção 2 (Drywall)	62
Figura 42 – Resumo de aço da V63.....	63
Figura 43 – Localização do Pilar 15	64
Figura 44 – Resumo de aço do P15	65
Figura 45 – Resumo de aço da S37.....	67

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Comparativo Drywall x Alvenaria	35
--	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Carregamento total do edifício.....	66
Gráfico 2 – Percentagens de redução de materiais na concepção 2 (drywall)	69
Gráfico 3 – Quantitativo de redução de materiais na concepção 2 (drywall)	69
Gráfico 3 – Quantitativo de redução de materiais na concepção 2 (drywall)	69
Gráfico 4 – Redução de custo na estrutura da concepção 2 (drywall).....	72
Gráfico 4 – Redução de custo na estrutura da concepção 2 (drywall).....	72
Gráfico 5 – Valor global do conjunto estrutura-vedação	75
Gráfico 5 – Valor global do conjunto estrutura-vedação	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Coeficiente Gama Z (γ_z) – Concepção 1 (Bloco cerâmico)	57
Tabela 2 – Coeficiente Gama Z (γ_z) – Concepção 2 (Drywall)	57
Tabela 3 – Flecha da laje 9 (cm).....	58
Tabela 4 – Armadura da Laje 9	59
Tabela 5 – Consumo de materiais Concepção 1 (Bloco Cerâmico)	67
Tabela 6 – Consumo de materiais Concepção 2 (Drywall).....	68
Tabela 7 – Consumo de aço e carga por área	68
Tabela 8 – Consumo e custo de insumos estrutura - Concepção 1 (Bloco Cerâmico)	70
Tabela 9 – Consumo e custo de insumos estrutura - Concepção 2 (Drywall).....	71
Tabela 10 – Consumo e custo de vedação - Concepção 1 (Bloco cerâmico).....	73
Tabela 11 – Consumo e custo de vedação sem lã - Concepção 2 (Drywall)	73
Tabela 12 – Consumo e custo de vedação com lã - Concepção 1 (Bloco cerâmico)	73
Tabela 13 – Custo do conjunto estrutura-vedação.....	74

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. PROBLEMAS	14
1.2. HIPÓTESES	14
1.3. OBJETIVOS	15
1.3.1 Objetivo geral.....	15
1.3.2 Objetivos específicos	15
1.4. JUSTIFICATIVA	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1. VEDAÇÃO VERTICAL	17
2.2. ALVENARIA DE BLOCOS CERÂMICOS	17
2.2.1 Blocos Cerâmicos	18
2.2.2 Argamassa de assentamento.....	22
2.2.3 Processo de execução de alvenaria de blocos cerâmicos	23
2.3. DRYWALL	25
2.3.1 Chapas de gesso.....	27
2.3.2 Perfis de aço	29
2.3.3 Massas em pó, fitas de papel, parafusos e Lã mineral	30
2.3.4 Processo executivo das vedações em paredes <i>drywall</i>	32
2.4. COMPARATIVO ALVENARIA X DRYWALL	35
2.5. COMPOSIÇÃO DE CUSTOS	37
2.5.1 Custo da mão de obra.....	38
2.5.2 Custo dos materiais.....	38
2.6. CONCRETO ARMADO E PROJETO ESTRUTURAL	38
2.7. ANÁLISE ESTRUTURAL E DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA	40
2.7.1. Estabilidade Global.....	40
2.7.2. Ações na estrutura.....	41
3. METODOLOGIA	43
3.1. Natureza do Estudo	43
3.2. Sequência de execução do estudo	43
3.3. Caracterização do edifício de estudo	44
3.4. Modelagem e cálculo estrutural com software Eberick	48
3.4.1 Dados a serem utilizados no projeto	48
3.4.2 Pré-dimensionamento, processamento e otimização da estrutura.....	49
3.4.3 Análise de custos	50
3.4.4 Configurações iniciais do programa	50
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	55

4.1.	ANÁLISE ESTRUTURAL	56
4.1.1.	Estabilidade Global.....	56
4.1.2.	Lajes.....	58
4.1.3.	Vigas.....	59
4.1.4.	Pilares.....	64
4.1.5.	Fundações.....	66
4.1.6.	Conjunto da estrutura.....	67
4.2.	ANÁLISE DE CUSTOS	70
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
	APÊNDICES	81

1. INTRODUÇÃO

A construção civil exerce papel importante na sociedade, está que constitui todas as atividades de produção de obras, edifícios, aeroportos, estradas, obras de saneamento. O crescimento acelerado dessa indústria provoca a busca incessante por novas tecnologias e o aperfeiçoamento da mão-de-obra, fazendo com que o mercado da construção seja renovado constantemente e ao mesmo tempo em que haja uma maior competitividade entre as empresas (LIMA 2014, apud Santos; Pereira, 2017, p.12).

O cenário atual do mundo exige a redução dos resíduos e consequentes impactos ambientais ocasionados por vários setores da sociedade, o termo sustentabilidade é amplamente utilizado e estimado. Utiliza-se de recursos naturais de uma forma substancial acelerada, relacionando-a com o meio ambiente, quer seja na obtenção da sua matéria-prima para a construção, quer seja nas grandes quantidades de entulhos gerados pelo setor impactando-o, assim como o uso do espaço urbano (VIEIRA, 2006).

Novas técnicas proporcionadas pelas novas tecnologias surgem com o intuito de superar os métodos tradicionais em termos de eficiência, rapidez, custo e redução de impactos ao meio ambiente. Contudo ainda que com novas tecnologias haja uma resistência em mudanças nos métodos construtivos, seja por motivo cultural ou pelo medo de inovação.

A alvenaria de blocos cerâmicos é um dos métodos mais antigos e comuns de vedação não estrutural utilizada na construção civil, especialmente no Brasil. Segundo Souza (2002), os tijolos cerâmicos são utilizados na construção civil desde 4000 A.C. Vale destacar sua durabilidade e abundância de matéria-prima, a argila. Entretanto esse método de vedação gera muitos resíduos sólidos e consome muita matéria-prima, além de que, após tantos anos de utilização as buscas por novos métodos e tecnologias de vedação foram surgindo, sempre explorando o aperfeiçoamento e mantendo a funcionalidade da vedação.

A inovação tecnológica fez com que surgissem métodos de construção a seco como Wood Frame, Light Steel Frame e *Drywall*, nos quais não se utiliza água no processo executivo, melhorando assim a produtividade dos sistemas executivos pela rapidez na construção e sendo hoje aplicados e utilizados por boa parte das construtoras brasileiras (FLEURY, 2014).

Países da Europa, América do Norte, Japão e Austrália visando redução de custos com métodos industriais utilizam amplamente de construção a seco. A parede *drywall* é constituída por uma estrutura de perfis de aço galvanizado na qual são parafusadas, em ambos os lados, chapas de gesso para *drywall*, sendo normalmente, preenchidas internamente por com algum material isolante (DRYWALL, 2019).

Dentro deste contexto o presente trabalho busca em primeiro momento esclarecer todos os conceitos relativos à vedação vertical tanto em blocos cerâmicos quanto em drywall, explorando as características de cada método construtivo, o processo executivo e as vantagens e desvantagens individuais.

Em segundo momento será esclarecido fatores envolvendo os custos de materiais e mão de obra de ambos, comparando-os quanto a isso de cada método construtivo de vedação no prédio residencial “Classic”. Pelo fato de o drywall ser uma tecnologia nova no Brasil o custo de material e mão de obra tende a ser maior, contudo faz-se necessário a análise estrutural com a utilização de cada um dos tipos de vedação a fim de averiguar a influência destas na estrutura, especialmente com as mudanças de esforços provocadas pelas cargas individuais de cada tipo.

Neste contexto busca-se ponderar os custos relativos aos dois tipos de vedação, tanto de mão de obra quanto de materiais e possível redução de custos na estrutura pela utilização do drywall que provoca menos esforços a estrutura, conseqüentemente reduzindo sessões de elementos estruturais, aço e fôrmas em estruturas de concreto armado.

Portanto ao término do estudo deverá conter tabelas, gráficos e informações conclusivas com relação à viabilidade econômica da aplicação do drywall como vedação interna de edifícios esbeltos, bem como a presença de valores reais de possível melhoria no que tange a influência sobre a estrutura e o custo da mesma.

1.1. PROBLEMAS

Quais condições limitam e favorecem a viabilidade no uso de vedações internas em *drywall* em comparação as alvenarias tradicionais de blocos cerâmicos?

1.2. HIPÓTESES

Dentre as hipóteses apresentadas abaixo fundamentou-se esse trabalho.

- Muitos construtores possuem receio de instalar drywall nos edifícios e casas por acharem um material frágil e com pouca resistência a carga (PLACO BRASIL, 2019), além da baixa resistência a umidade;
- Segundo a Associação Brasileira de *Drywall* (DRYWALL) a resistência mecânica das paredes drywall é determinada pelo tipo de material utilizado (componentes do sistema) e pela forma de montagem adotada, sendo seus perfis metálicos fabricados conforme a NBR 15.217:2009 com tiras de aço de alta

resistência com limites de escoamento superiores a 230 Mpa, as chapas de gesso conforme a NBR 14.715:2010 e os parafusos de fixação de acordo com a NBR 15.758:2009, se os objetos forem fixados corretamente a carga de uso pode atingir valores de 70kg por ponto de aplicação, sendo portanto viável quanto a resistência na fixação de objetos usuais;

- As vedações em *drywall* possuem placas resistentes a umidade (RU) e segundo (DRYWALL) pesos que variam de 22 a 27 kg/m, algo em torno de 20% do peso de uma alvenaria em blocos cerâmicos, portanto contribuindo para a redução de esforços na estrutura;
- Por fim, o fator produtividade elevada e a possibilidade de mudanças nas vedações internas a gosto do cliente sem afetar significativamente a estrutura são fatores que favorecem a viabilidade do uso do *drywall*, a empresa OPUS já utiliza dessa estratégia, algumas de suas estruturas são dimensionadas com a possibilidade de o cliente organizar as vedações internas como preferir.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Proceder a análise dos resultados obtidos na modelagem de uma estrutura pelo software de dimensionamento estrutural Eberick quanto aos esforços (momento fletor e cortante) ao aplicar cargas de parede em bloco cerâmico e em *drywall*, bem como uma análise econômica com relação ao consumo de materiais (aço, concreto e fôrma) em um estudo de caso de um edifício, com o intuito de compará-las e averiguar a melhor opção quanto à redução de custos.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Realizar os comparativos estruturais entre um elemento de Laje, Viga, Pilar e Sapata do edifício, envolvendo análise do resumo de aço dos elementos ao aplicar cargas de alvenaria de blocos cerâmicos para o primeiro projeto e de *drywall* para o segundo projeto em toda a estrutura, observando a variação no dimensionamento;
2. Comparar a estabilidade global do edifício utilizando o coeficiente de estabilidade Gama Z (γ_Z) para as duas concepções;

3. Levantar e comparar os custos de material e mão-de-obra de cada método de vedação interna vertical;
4. Identificar o impacto econômico da substituição de alvenaria de blocos cerâmicos por *drywall* nas vedações internas quanto à redução de aço, concreto e forma na estrutura global.

1.4. JUSTIFICATIVA

O setor da construção civil passa por momentos de alta e baixa, contudo ela encontra-se em uma crescente, segundo o SINDUSCON (2019) e a Fundação Getúlio Vargas (FGV) o Produto Interno Bruto (PIB) da construção civil brasileira deve crescer 2,0% em 2019, além disso, conforme a população aumenta há uma maior demanda pelas construções, estas que, exigem cada vez mais novas tecnologias eficientes que priorizem a agilidade, economia e menor impacto ao meio ambiente, este que sofre com o descarte considerável de resíduos.

Segundo a FGV (2019) no campo da construção civil, o nível de atividade deve ser impulsionado pelo consumo de materiais, que deve crescer 3,5% em 2019. Portanto devem-se buscar soluções que reduzam a elevação dos resíduos gerados pelas construções e contribuam para a sustentabilidade global.

No mercado atual predomina-se uso de vedações internas de edifícios com o uso de alvenaria de blocos cerâmicos, contudo estes geram resíduos, possuem menor produtividade e sofrem com recorrentes desperdícios de materiais. Segundo a Fluxo Consultoria (2019) como alternativa tecnológica que possui pouco mais de 20 anos tem-se o *drywall*, é viável, sustentável e enxuta, com sua estrutura realizada industrialmente reduzindo o descarte de resíduos ao mínimo possível, sua composição é livre de água portanto o termo “construção seca”.

Em razão disso são necessários estudos mostrando os benefícios de se usar *drywall* em contraponto a alvenaria de blocos cerâmicos, a importância desse trabalho se dá justamente no fato da análise de viabilidade econômica e as influências do *drywall* na estrutura e no processo construtivo, evidenciando as mudanças significativas na estrutura pela redução de esforços, somado a análise de possível redução dos custos e maior produtividade da obra.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. VEDAÇÃO VERTICAL

Desde o primórdio das civilizações, o homem constrói seus abrigos para proteção contra intempéries e eventuais perigos externos, esta proteção ou vedação foi aperfeiçoada com o passar dos anos e propiciando em melhor desempenho termo acústico para as construções, além disso diversos métodos de vedação surgiram (BERNARDI, 2014).

Segundo a NBR 15575-4:2013 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013), as vedações dividem-se em internas e externas, sendo definidas como parte da edificação que a limitam verticalmente e dividem seus ambientes, estas que podem ser paredes, divisórias ou fachadas.

As vedações possuem o intuito de proporcionar aos ambientes características que permitam o desenvolvimento de atividades para os quais foram projetados, demarcam toda a edificação e possuem funções que variam de estrutural como o caso de blocos de concreto e steel frame ou não estruturais como alvenaria de blocos cerâmicos e drywall (BERNARDI 2014; LIMA 2012).

Além disso a norma n.º 15.575/13 afirma que:

“As vedações verticais exercem ainda outras funções, como estanqueidade à água, isolamento térmica e acústica, capacidade de fixação de peças suspensas, capacidade de suporte a esforços de uso, compartimentação em casos de incêndio etc..”.

2.2. ALVENARIA DE BLOCOS CERÂMICOS

A alvenaria é utilizada pelo homem desde as primeiras construções, o sistema de alvenaria de blocos cerâmicos chegou ao Brasil na época colonial, sendo uma das principais tecnologias utilizadas na construção civil, devido a abundância da matéria-prima argila, esta, é o tipo predominante de vedação (LAI, 2016).

Conforme os anos passavam a tecnologia de alvenaria foi aperfeiçoada, novos materiais, métodos de vedação e novos processos de fabricação surgiram. Alvenaria é definida como um elemento construído em obra, constituído pela união de tijolos, blocos e argamassa, formando um conjunto resistente, firme e coeso. (SABBATINI, 1984).

De acordo com Fleury (2014), os tipos de alvenaria podem ser divididos em dois grandes tipos distintos, os autoportantes e resistentes. O primeiro tipo, compreende a alvenaria que possui função de compartimentação e vedação, podendo ser demolidas sem afetar a estrutura, uma vez que, não contribuem para resistência da mesma. Diferentemente do primeiro tipo, o segundo refere-se à alvenaria com o objetivo de garantir a resistência da estrutura, ao absorver as cargas de vigas e lajes e não podendo serem demolidas sem afetar a estabilidade da estrutura.

Pode-se considerar dois tipos principais de alvenaria, compostos pelos seguintes materiais (MARINOSKI, 2011)

- Blocos de concreto;
- Bloco cerâmico;
- Tijolos cerâmicos maciços;
- Bloco de concreto celular;
- Bloco sílico-calcário;
- Bloco de solo cimento;
- Tijolos de vidro.

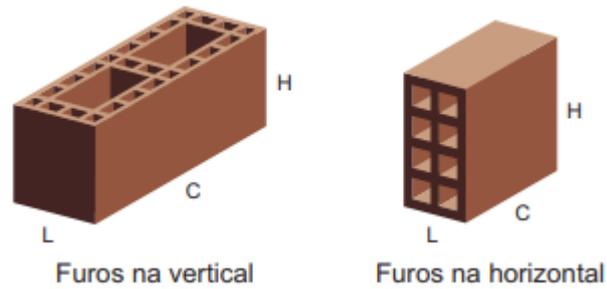
2.2.1 Blocos Cerâmicos

Segundo a NBR 1570-1 (ABNT, 2005), os blocos cerâmicos utilizados para vedação podem ser internos ou externos, responsáveis por resistir somente ao seu peso próprio, denominado autoportante, não resiste a outras cargas verticais da edificação.

Segundo Nascimento (2002) a obtenção do bloco cerâmico ocorre pela queima de argila e possui fácil fabricação. A variação volumétrica do mesmo é baixa, sua expansão pela umidade ou retração é mínima, possui baixa densidade e custo.

A NBR 15270-1 (ABNT, 2005) responsável por definir as características e requisitos básicos dos blocos cerâmicos, a mesma também define o bloco cerâmico como um componente de alvenaria com a presença de furos prismáticos e/ou cilíndricos perpendiculares as faces que as contém. Estes furos podem ser tanto na vertical quanto na horizontal (Figura 1).

Figura 1 - Blocos cerâmicos de vedação

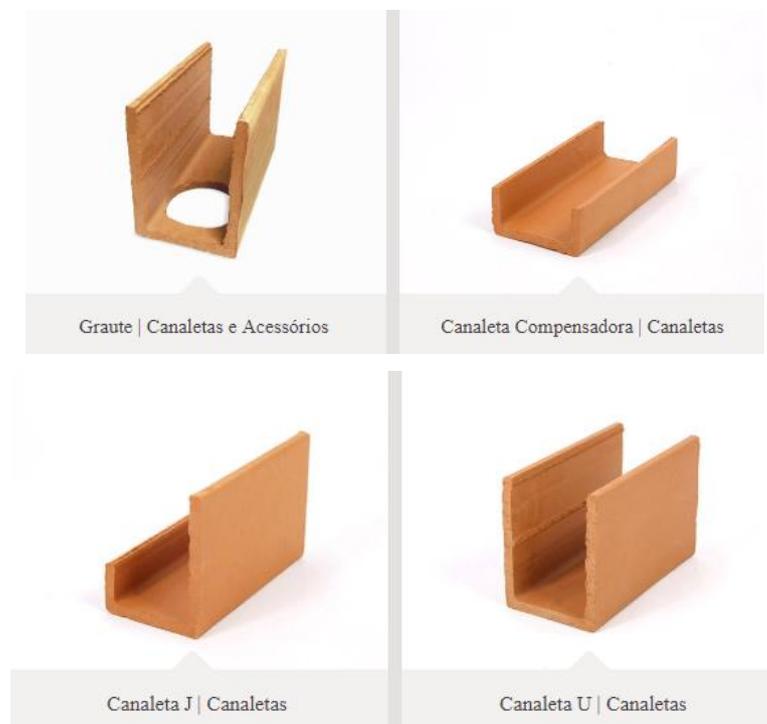


Fonte: Código de práticas nº 01: alvenaria de vedação em blocos cerâmicos (2009).

Conforme figura acima, tem-se as letras indicando L: Largura, C: Comprimento, H: Altura, além disso segundo a NBR 15270-1 os blocos cerâmicos devem atender a dimensões padronizadas com módulo dimensional $M = 10\text{cm}$ menos 1cm , conforme a Figura 3.

Existem ainda, blocos cerâmicos complementares (Figura 2) que possuem funções específicas na alvenaria, como exemplo têm-se as canaletas em U e J, compensadoras e para “graute” estas são utilizadas na execução de cintas de travamento, vergas, contravergas e apoio de lajes, eliminando o uso de tábuas

Figura 2 - Blocos cerâmicos complementares



Fonte: Cerâmica MIFALE : Blocos cerâmicos e canaletas para Alvenaria de Vedação e Estrutural(2019).

Figura 3 - Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos

L x H x C	Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)	
			Bloco	½ Bloco
(1) M x (1) M x (2) M	9	9	19	9
(1) M x (1) M x (5/2) M			24	11,5
(1) M x (3/2) M x (2) M		14	19	9
(1) M x (3/2) M x (5/2) M			24	11,5
(1) M x (3/2) M x (3) M			29	14
(1) M x (2) M x (2) M		19	19	9
(1) M x (2) M x (5/2) M			24	11,5
(1) M x (2) M x (3) M			29	14
(1) M x (2) M x (4) M			39	19
(5/4) M x (5/4) M x (5/2) M	11,5	11,5	24	11,5
(5/4) M x (3/2) M x (5/2) M		14	24	11,5
(5/4) M x (2) M x (2) M		19	19	9
(5/4) M x (2) M x (5/2) M			24	11,5
(5/4) M x (2) M x (3) M			29	14
(5/4) M x (2) M x (4) M	14	19	39	19
(3/2) M x (2) M x (2) M			19	9
(3/2) M x (2) M x (5/2) M			24	11,5
(3/2) M x (2) M x (3) M			29	14
(3/2) M x (2) M x (4) M			39	19
(2) M x (2) M x (2) M	19	19	19	9
(2) M x (2) M x (5/2) M			24	11,5
(2) M x (2) M x (3) M			29	14
(2) M x (2) M x (4) M			39	19
(5/2) M x (5/2) M x (5/2) M	24	24	24	11,5
(5/2) M x (5/2) M x (3) M			29	14
(5/2) M x (5/2) M x (4) M			39	19

Fonte: Código de práticas n° 01: alvenaria de vedação em blocos cerâmicos (2009).

A norma NBR 15270-1 faz exigências quanto as características visuais dos blocos cerâmicos, todos os critérios presentes na Figura 4 devem ser atendidos para que o lote de blocos cerâmicos seja aceito perante a norma, há métodos de ensaio para avaliação de conformidade dos blocos descritos na norma NBR 15270-3 e incluem determinação de características físicas, geométricas e mecânicas.

Figura 4 – Requisitos exigidos para blocos cerâmicos

Características visuais	Não apresentar quebras, superfícies irregulares ou deformações
Forma	Prisma reto
Tolerância dimensional individual relacionada à dimensão efetiva	± 5 mm (largura, altura ou comprimento)
Tolerância dimensional relacionada à média das dimensões efetivas	± 3 mm (largura, altura ou comprimento)
Espessura das paredes internas dos blocos	≥ 6 mm
Espessura das paredes externas dos blocos	≥ 7 mm
Desvio em relação ao esquadro	≤ 3 mm
Planeza das faces	Flecha ≤ 3 mm
Resistência à compressão (área bruta)	$\geq 1,5$ MPa (para furos na horizontal)
	$\geq 3,0$ MPa (para furos na vertical)
Índice de absorção de água (AA)	$8\% \leq AA \leq 22\%$

Fonte: Código de práticas nº 01: alvenaria de vedação em blocos cerâmicos (2009).

Diversos modelos de blocos cerâmicos podem ser encontrados no mercado, seguindo a padronização das exigências das normas, a exemplo na Figura 5 têm-se as diferenças entre os blocos quanto a sua função estrutural ou não, e a posição dos furos.

Figura 5 – Tipos de blocos cerâmicos



Fonte: Papini (2013).

2.2.2 Argamassa de assentamento e revestimento

De acordo com a NBR 13281 (ABNT,2005) a argamassa de assentamento consiste em uma mistura homogênea composta por água, agregados miúdos, aglomerantes como o cimento e possivelmente aditivos. Recomenda-se utilizar argamassas mistas com adição de cal hidratadas para o assentamento, ela traz benefícios e gera economia na construção, pois seu poder aglomerante trabalha como uma espécie de cola, ligando os grãos de areia da massa, melhorando a trabalhabilidade da argamassa (COELHO, 2007).

Segundo a Comunidade da Construção (2020) os materiais da argamassa desempenham diferentes papéis na mesma, o cimento a exemplo é responsável pela aderência, resistência mecânica da parede e estanqueidade a água nas ligações. A cal proporciona melhor hidratação do cimento e menor módulo de deformação das paredes, contribuindo para a movimentação da mesma imposta por eventuais deformações.

A areia deve ser lavada e peneirada, para argamassas de assentamento o módulo de finura varia de 2 a 3, e deve seguir as especificações da NBR 7211 (ABNT, 2009), não é recomendado a utilização de areias ricas em material silto-argiloso. Para os ensaios de areia utiliza-se a NBR 13281 e podem ser: densidade no estado fresco e endurecido, resistências a tração na flexão e compressão, coeficiente de capilaridade, resistências de aderência a tração e por fim coeficiente de capilaridade.

Para o revestimento da alvenaria são utilizadas argamassas com traços diferentes a depender da etapa construtiva composta por camadas de chapisco, emboço e reboco. Segundo Selmo (1989) a função principal do chapisco é garantir uma aderência entre a base que consiste na vedação e nas demais camadas subsequentes, possui espessura de 3 a 5mm.

Como segunda etapa do revestimento tem-se o emboço, é mais espessa que o chapisco e tem o objetivo de regularizar a superfície, corrigindo imperfeições e prumos e contribuindo para a impermeabilização da parede com espessura variando de 10 a 15mm (ZULLIAN et al, 2002).

A camada final do revestimento argamassado conhecida por reboco contribui para o acabamento da alvenaria permitindo a aplicação adequada de pintura e outros revestimentos que venham a ser utilizados, como pastilhas, ladrilhos e porcelanato (SOARES, 2016).

2.2.3 Processo de execução de alvenaria de blocos cerâmicos

O processo executivo de alvenaria de blocos cerâmicos é muito utilizado e devido isso possui diversas técnicas de execução, contudo a NBR 8545 – Execução de alvenaria sem função estrutural e blocos cerâmicos (ABNT, 1984) descreve métodos para essa etapa da construção.

Em primeiro momento é necessário executar a fiada de marcação (1° fiada), ao assentar tijolos dos cantos, nos encontros entre paredes, shafts ou nas extremidades dos panos, nas laterais de vãos de porta, em pontos que apresentem singularidades, a depender do projeto. Essa marcação influenciará toda a alvenaria pois é a base da mesma, servindo como um gabarito de onde partirão todas as vedações e fechamento da estrutura, a Figura 6 ilustra a 1° fiada.

Figura 6 – Marcação e primeira fiada



Fonte: ESO UFRGS (2011).

É necessário garantir o prumo e horizontalidade da alvenaria, para isso utiliza-se de uma linha guia conforme Figura 7.

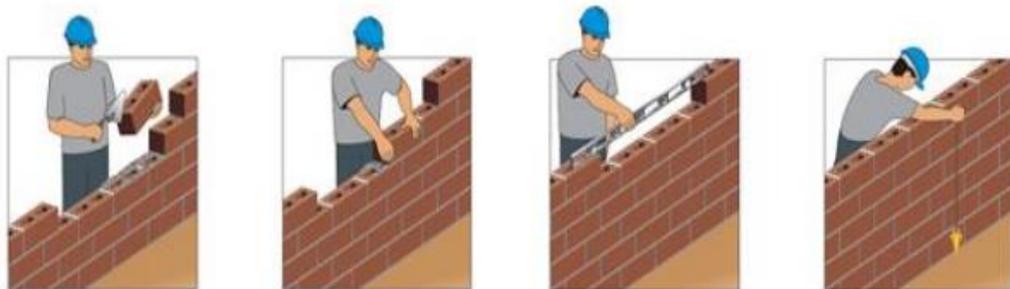
Figura 7 – Linha guia para assentamento



Fonte: ESO UFRGS (2011).

A elevação da alvenaria é então feita, sempre verificando o prumo, os equipamentos utilizados são: meia-cana, colher de pedreiro, bisnaga, linhas e esticadores, escantilhões, furadeira elétrica, entre outros. É recomendado as elevações simultâneas das paredes em um mesmo pavimento afim de balancear a carga na estrutura. Os blocos são assentados de forma escalonada conforme Figura 8, afim de amarrá-los firmemente.

Figura 8 – Encabeçamento, assentamento, controle de prumo e nível da alvenaria



Fonte: Código de práticas n° 01: alvenaria de vedação em blocos cerâmicos (2009).

Após a alvenaria chegar próximo as respaldos de vigas ou lajes é necessário realizar o encunhamento conforme Figura 9, que consiste na aplicação de materiais como meio-blocos, blocos compensadores ou canaletas afim de ser obter um espaçamento de 1,5 a 3cm nesse respaldo e preenche-lo com material flexível como argamassa industrializada com o objetivo de evitar a transferência de cargas dos elementos estruturais para as paredes de vedação. Estes

materiais de encunhamento devem ser instalados de forma a ficarem compactados, evitando destacamentos futuros (THOMAZ et al, 2009).

Figura 9 – Encunhamento



Fonte: ESO UFRGS (2011).

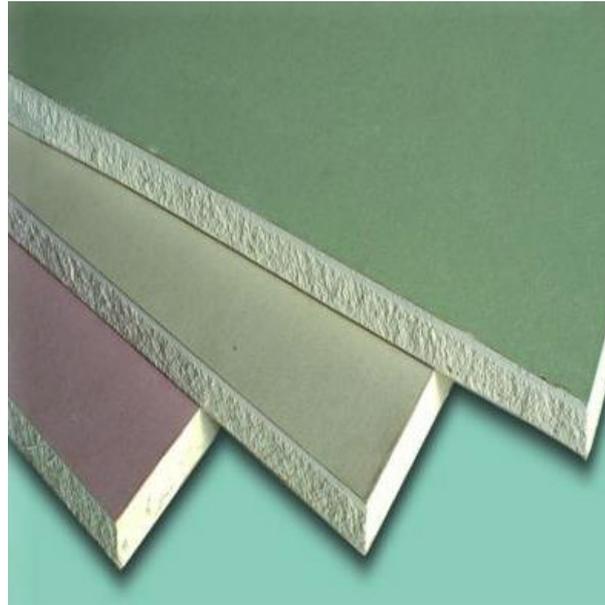
2.3. DRYWALL

Segundo Sabbatini (1998) o sistema *drywall* é composto por um tipo de vedação vertical leve, fixa e estruturada, formada por uma estrutura de perfis metálicos fechados por chapas de gesso acartonado com o objetivo de dividir ambientes e espaços internos em uma edificação. Além disso trata-se de um método construtivo a seco com uso de materiais industrializados e montagem através de acoplamento mecânico com a ausência de uso de materiais que podem gerar resíduos como concretos e argamassas.

Existem diferentes tipos de modelos de chapas de gesso acartonado, cada uma possui funções gerais e específicas sendo que os três tipos existentes no mercado são:

- Standart (ST): chapas brancas compostas principalmente por gipsita e são utilizados em ambientes secos (Figura 10);
- Resistente ao fogo (RF): chapas rosas com a presença de fibra de vidro na composição garantindo maior resistência ao fogo (Figura 10);
- Resistente a umidade (RU): chapas verdes com a presença de silicone na composição afim de reduzir a absorção de água e são utilizadas em ambientes úmidos (Figura 10).

Figura 10 – Chapas de Gesso acartonado: ST, RF e RU



Fonte: Gesso Barra Sul (2016)

Segundo a Placo Brasil (2018) foi lançado um novo modelo de placa *drywall* denominado “Glasroc X” ou mais conhecido por *ultrawall*, destinado para fechamento externos de edificações, a resistência a intempéries provém do uso de aditivos especiais a placa de gesso revestido em suas faces por um véu de vidro e um composto polimérico, alguns de seus benefícios incluem Lighstellframe (2017):

- A placa não é afetada pela umidade;
- Baixas ou nula chances de apresentar proliferação de fungos;
- Resistência alta, extensa durabilidade, suporta revestimento de até 32kg/m²;
- Pode ser revestido por cerâmica, texturas e pinturas;
- Fácil manuseio e recorte;
- Instalação simples, praticidade e leveza.

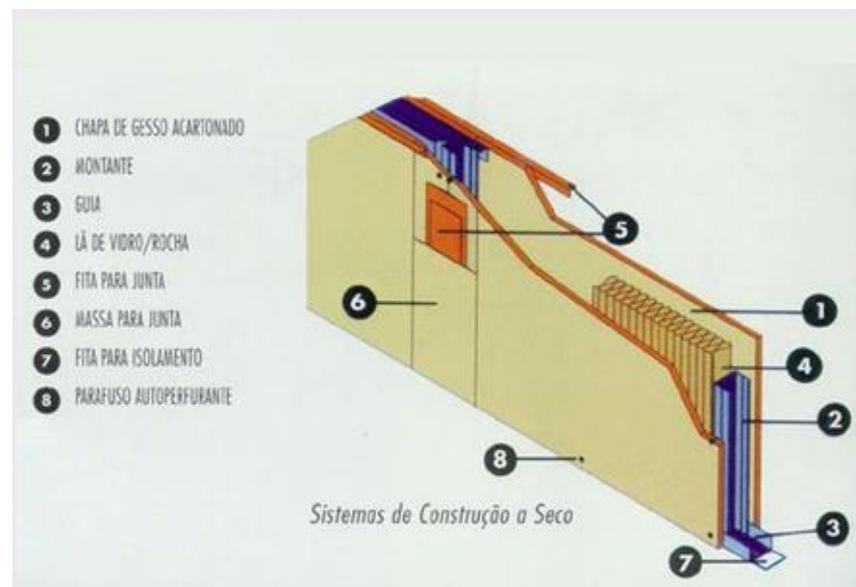
A vedação em *drywall* oferece diversas funcionalidades na construção, podendo ser utilizados em paredes, divisórias, painéis, forro e na fabricação de móveis.

As paredes de gesso acartonado são compostas de um sistema integrado de perfis de chapas de aço zincado leves, placas de gesso acartonado de alta resistência e desempenho acústico, fixados por parafusos especiais com suas juntas e arestas tratadas, esse sistema contempla um conjunto de 9cm de espessura (BERNARDI, 2014).

Afim de regulamentar o sistema *drywall* no Brasil, foi criado algumas normas técnicas pela ABNT, como a NBR 15758 (2009) – Sistema construtivo em chapas de gesso para drywall – Projeto e procedimentos executivos para montagem e NBR 15217 – Perfis de aço para sistemas construtivos em chapas de gesso para drywall – Requisitos e métodos de ensaio e seus respectivos projetos de revisão do Programa, além de, outras normas que referem-se a objetos individuais do sistema *drywall* (isolantes térmico-acústicos, chapas de gesso).

A Figura 11 exemplifica o sistema utilizado em uma parede de gesso acartonado e seus principais componentes.

Figura 11 – Esquemática montagem parede drywall



Fonte: Elegancy Forros (2014)

2.3.1 Chapas de gesso

Segundo a Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para Drywall (2004), as chapas de gesso são fabricadas industrialmente por meio de um processo de laminação contínua de uma mistura composta por gesso, aditivos e água adicionados entre duas lâminas de cartão.

A norma técnica ABNT NBR 14715/2010 apresenta especificações das características necessárias para as chapas conforme Figuras 12 e 13.

Figura 12 – Tolerância de características geométricas para as chapas de gesso

Característica geométrica		Tolerância	Limite	
Espessura	9,5 mm	± 0,5 mm	-	
	12,5 mm		-	
	15,0 mm		-	
Largura		+ 0 / - 4 mm	Máximo de 1 200 mm	
Comprimento		+ 0 / - 5 mm	Máximo de 3 600 mm	
Esquadro		≤ 2,5 mm	-	
Rebaixo ^a	Largura	Mínimo	-	40 mm
		Máximo	-	80 mm
	Profundidade	Mínimo	-	0,6 mm
		Máximo	-	2,5 mm

^a A borda rebaixada deve estar situada na face da frente da chapa e sua largura e profundidade devem ser medidas de acordo com a ABNT NBR 14715-2

Fonte: ABNT NBR 14715 (2010)

Figura 13 – Valores para características físicas e mecânicas para as chapas de gesso

Características		Limites		
		Espessura da chapa		
		mm		
		9,5	12,5	15,0
Densidade superficial de massa kg/m ²	Mínima	6,5	8,0	10,0
	Máxima	8,5	12,0	14,0
	Varição máxima em relação à média das amostras de um lote	± 0,5		
Resistência mínima à ruptura na flexão N	Longitudinal ^a	400	550	650
	Transversal ^b	160	210	250
Dureza superficial determinada pelo diâmetro máximo da moesa mm		20		
Absorção máxima de água para chapa resistente à umidade (RU) %		5		

^a Amostra com a face da frente virada para baixo. Carga aplicada na face do verso.
^b Amostra com a face da frente virada para cima. Carga aplicada na face da frente.

Fonte: ABNT NBR 14715 (2010)

2.3.2 Perfis de aço

Segundo a Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para Drywall (2004), os perfis de aço é o elemento que define e garante boa parte da resistência mecânicas das paredes, são utilizados para os montantes do *drywall* e obtidos a partir de tiras cortadas de bobinas de aço de alta resistência, por um processo industrial de conformação a frio. As características requeridas para os perfis de aço constam na Figura 14 e os tipos de perfis de aço utilizados na execução na Figura 15.

Figura 14 – Tolerância de características para perfis metálicos

NBR15217:2009 - Perfis de aço para sistemas construtivos em chapas de gesso para Drywall - Requisitos e métodos de ensaio				
PERFIS DE AÇO:				
Identificação	Pintadas ou gravadas (indelével): Espessura; Marca; Indicação da rastreabilidade; Classe do revestimento. Etiquetas fixadas ou amarradas ao lote: Comprimento; Denominação do perfil e NBR15217			
Dimensional		Canaleta C	M48 / M70 / M90	G48 / G70 / G90
	Largura	(46,0 ± 1,0) mm	(46,5 ± 0,5) mm (88,5 ± 0,5) mm (88,5 ± 0,5) mm	(48,0 ± 0,5) mm (70,0 ± 0,5) mm (90,0 ± 0,5) mm
	Comprimento	3000 mm ± 0,2% = ± 6 mm		
	Altura da aba	(18,0 ± 1,0) mm	(35,0 ± 1,0) mm para A (37,0 ± 1,0) mm para A'	(30,0 ± 2,0) mm
	Largura da aba	(7,0 ± 2,0) mm	(7,0 ± 2,0) mm	-
	Distância entre furos	-	400 mm a 600 mm	-
	Distância dos furos das extremidades	-	190 mm a 310 mm	-
	Reentrância interna (F)	-	-	(7 ± 2) mm
	Altura do rebaixo	-	-	min. 2e / max. 3,0mm
	Enrijecedores de aba e alma	Min 1 p/ alma Min 2 p/ aba	-	-
Espessura do perfil (chapa de aço) - e	mínima 0,50 mm			
Massa do revestimento de zinco	mínima 94 g/m ² por face mínima 235 g/m ² total			
Limite de escoamento	Mínimo 230 MPa			
Resistência à corrosão em salt spray	Não apresentar corrosão vermelha após 360 h			

Fonte: Avaliação do desempenho de sistema de vedação vertical interna – SVVI em Drywall com chapas de gesso em relação à NBR 155575:2013 – Edificações Habitacionais – Desempenho (2015)

Figura 15 – Tipos de perfis de aço para sistema drywall

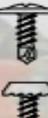
Tipo de perfil	Desenho	Código	Dimensões nominais (mm)	Utilização
Guia (formato de 'U')		G 48 G 70 G 90	48/28 70/28 90/28	Paredes, forros e revestimentos
Montante (formato de 'C')		M 48 M 70 M 90	48/35 70/35 90/35	Paredes, forros e revestimentos
Canaleta 'C' (formato de 'C')		C	47/18	Forros e revestimentos
Canaleta Ômega (formato de 'Ω')		O	70/20	Forros e revestimentos
Cantoneira (formato de 'L')		CL	25/30	Forros e revestimentos
Cantoneira de reforço (formato de 'L')		CR	23/23 28/28	Paredes e revestimentos

Fonte: Associação brasileira de *Drywall* (2004)

2.3.3 Massas em pó, fitas de papel, parafusos e Lã mineral

Os parafusos são utilizados para fixação dos perfis e das chapas nos mesmos e são fabricados conforme a NBR 15.758/1 (ABNT,2009) e segundo a Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para *Drywall* (2004), são elementos de uso específico para o drywall, autoperfurantes e autotarraxantes, além disso faz-se necessário o parafusamento dos componentes do *drywall* afim de garantir a estabilidade e bom desempenho da estrutura, sendo que, os perfis metálicos parafusados devem ser ultrapassados em seu último elemento no mínimo três roscas. Os tipos de parafusos existentes no mercado constam na Figura 16.

Figura 16 – Tipos de parafusos para drywall

Tipo	Desenho	Código	Comprimento nominal mm	Perfil metálico	Função/aplicação
Cabeça trombeta e ponta agulha		TA 25	25	Espessura máxima de 0,7 mm	1 chapa com espessura de 12,5 mm ou 15 mm em perfis metálicos
		TA 35	35		2 chapas com espessura de 12,5 mm em perfis metálicos
		TA 45 TA 50	45 50		2 chapas com espessura de 12,5 mm ou 15 mm em perfis metálicos
		TA 55 TA 65 TA 70	55 65 70		3 chapas com espessura de 12,5 mm ou 15 mm em perfis metálicos
Cabeça trombeta e ponta broca		TB 25	25	Espessura máxima de 0,7 mm até 2,00 mm (steel frame)	1 chapa com espessura de 12,5 mm ou 15 mm em perfis metálicos
		TB 35	35		2 chapas com espessura de 12,5 mm em perfis metálicos
		TB 45 TB 50	45 50		2 chapas com espessura de 12,5 mm ou 15 mm em perfis metálicos
		TB 55 TB 65 TB 70	55 65 70		3 chapas com espessura de 12,5 mm ou 15 mm em perfis metálicos
Cabeça lentilha ou panela e ponta agulha		LA ou PA	Comprimento superior a 9 mm	Espessura máxima de 0,7 mm	Fixação de perfis metálicos entre si
Cabeça lentilha ou panela e ponta broca		LB ou PB	Comprimento superior a 9 mm	Espessura máxima de 0,7 mm até 2,00 mm (steel frame)	Fixação de perfis metálicos entre si

Fonte: Associação brasileira de *Drywall* (2004)

De acordo com a Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para *Drywall* (2004), o tratamento dos encontros com as alvenarias e o teto e das juntas entre as chapas são feitos com fitas e massas em pó próprias para *drywall* e suas características regidas pela NBR 15.758/1 (ABNT,2009). No mercado existem massas em pó a base de rejunte preparadas com uso de água, essa massa de colagem é utilizada para colagem direta em estruturas de concreto, nas alvenarias e para vedar brechas nas extremidades das paredes (COMAT, 2012).

As lãs minerais são instaladas entre as chapas de gesso e podem ser fabricadas a partir de lã de rocha ou lã de vidro com o objetivo de aumentar o isolamento acústico do sistema, sendo que são vendidos em painéis ou feltros com ou sem revestimento.

2.3.4 Processo executivo das vedações em paredes *drywall*.

De acordo com Nicomendes (2003), para a montagem do gesso acartonado é necessário analisar o projeto em si com as especificações quanto aos tipos de placas que serão utilizadas, as dimensões dos montantes, as espessuras finais da parede, a presença ou não de lãs para isolamento acústico e a necessidade de resistência ao fogo ou umidade.

Como descreve o Instituto da Construção (2017) o processo executivo para instalação completas das paredes em gesso acartonado consiste em:

1. Demarcação das paredes, janelas e portas conforme projeto arquitetônico afim de delimitar o local em que serão fixadas as placas e perfis metálicos;
2. Após definir as marcações as guias são fixadas na parede e no teto seguindo-as, as mesmas são furadas com um espaço de 60 cm entre os furos e fixadas com buchas e parafusos (Figura 17);
- 3.

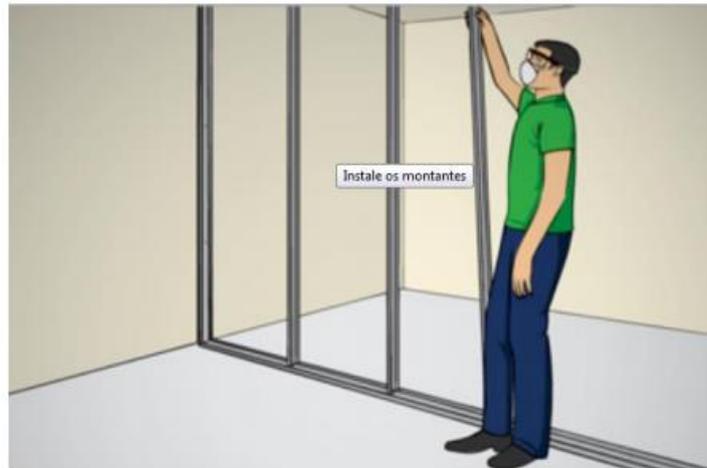
Figura 17 – Fixação das guias



Fonte: Leroy Merlin (2015)

4. Com as guias fixadas são instalados então os montantes ou colunas metálicas verticais das extremidades para o meio são usados parafusos de metal para fixar os montantes nas guias com espaçamento de 40 a 60cm entre montantes (Figura 18);

Figura 18 – Fixação dos montantes



Fonte: Leroy Merlin (2015)

5. A estrutura de suporte das chapas está completa e a partir disso são instaladas as chapas de gesso acartonado parafusadas de cima para baixo a no mínimo 1 cm da borda e com distância entre parafusos de 25 a 30cm e 1mm perfurado para dentro da chapa, se a altura das chapas for menor que o pé direito utiliza-se pedaços de outras chapas (Figura 19);

Figura 19 – Instalação das chapas de gesso



Fonte: Leroy Merlin (2015)

5. Após instaladas as chapas pode se necessário passar as instalações elétricas e hidráulicas dentro do espaço vazio entre as placas de gesso, e posteriormente de acordo com o

projeto utilizar de lã mineral ou lã de vidro para melhorar o desempenho acústico (Figura 20);

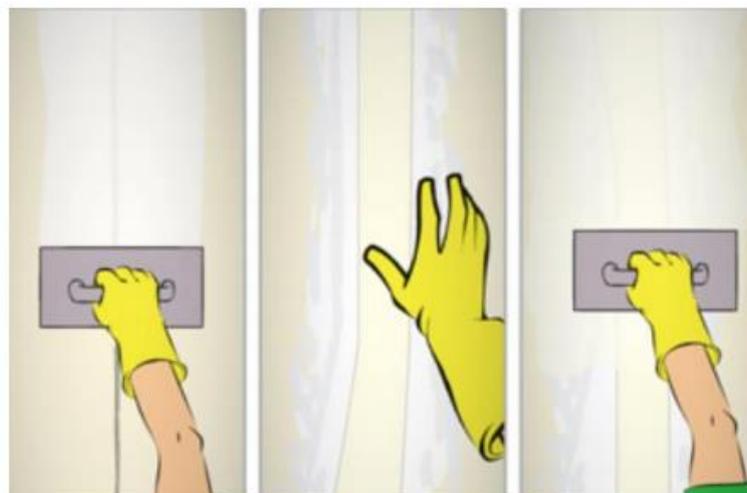
Figura 20 – Isolamento acústico da parede drywall



Fonte: Leroy Merlin (2015)

6. Após as instalações elétricas e hidráulicas estarem concluída e realizado o isolamento acústico com lã, a parede é vedada do outro lado com placas de gesso e realizado o rejuntamento das conexões entre as placas ao se passar massa de rejunte nas emendas das chapas e fita de papel microperfurada por cima da primeira demão de massa e por fim outra demão é passada para finalizar a conexão. (Figura 21);

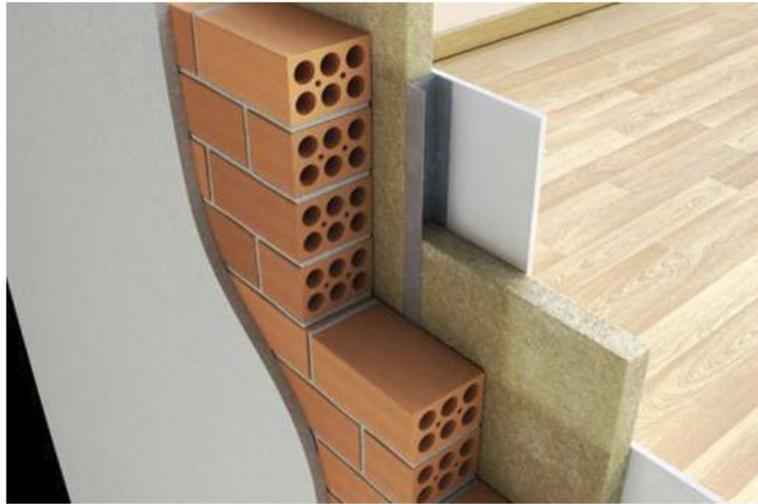
Figura 21 – Rejuntamento das emendas



Fonte: Leroy Merlin (2015)

7. Como última etapa ocorre o lixamento do rejunte seco afim de regularizar a superfície do *drywall* para receber o revestimento desejado. Vale ressaltar que as placas de gesso acartonada podem ser associadas a outros tipos de vedação, desde que, os perfis metálicos sejam fixados a elas (Figura 22).

Figura 22 – Isolamento acústico da parede drywall



Fonte: R. Bassani (2019)

2.4. COMPARATIVO ALVENARIA X DRYWALL

Discorrido sobre cada sistema de vedação, faz-se necessário comparar as vantagens e desvantagens de cada um em determinada função ou etapa da obra, conforme Tabela 1.

Quadro 1 – Comparativo Drywall x Alvenaria

	Drywall	Alvenaria de blocos cerâmicos
Fundações / Estrutura	Menor peso das paredes, redução na carga estrutural.	Maior peso das paredes, maiores esforços na estrutura.
Área útil	Ganho de ate 4% na área útil pela redução nas espessuras de parede.	Espessuras maiores e com poucas alternativas.
Mão de obra	Maior produtividade, maior quantidade de metros quadrados/dia com menor número de trabalhadores.	Menor produtividade, menor quantidade de metros quadrados/dia com maior número de trabalhadores.

Flexibilidade de layout	Paredes podem ser removidas sem afetar a estrutura do edifício.	Paredes estruturais em blocos cerâmicos afetam a estrutura se retirados.
Desperdício	Perda máxima de 5% do material.	Perda de até 30% do material
Transporte	Volume reduzido com racionalização de transporte	Volume alto, maior necessidade de transportes de carga.
Reformas	Redução de tempo e entulho, obra limpa	Maior tempo para execução, maior quantidade de entulhos
Manutenção	Limpa, recorte fácil nas placas	Suja, quebra da parede com geração de resíduo
Acabamento	Aceita todo tipo de acabamento, superfície uniforme	Necessário correções para receber qualquer acabamento
Fixação de objetos	Necessário usar buchas específicas e seguir regras, menor resistência mecânica	Uso de buchas comuns, maior resistência mecânicas
Desempenho acústico	Isolamento médio 50dB (com lã mineral)	Isolamento médio 43dB.
Peso Final	25 kg/ m ²	180 kg/m ²
Espessura Final	Espessura variável, dependendo da necessidade e do tipo de placa, espessura final de até 98mm.	Em geral 150mm.
Meio ambiente	Reciclável	Pouco reciclável

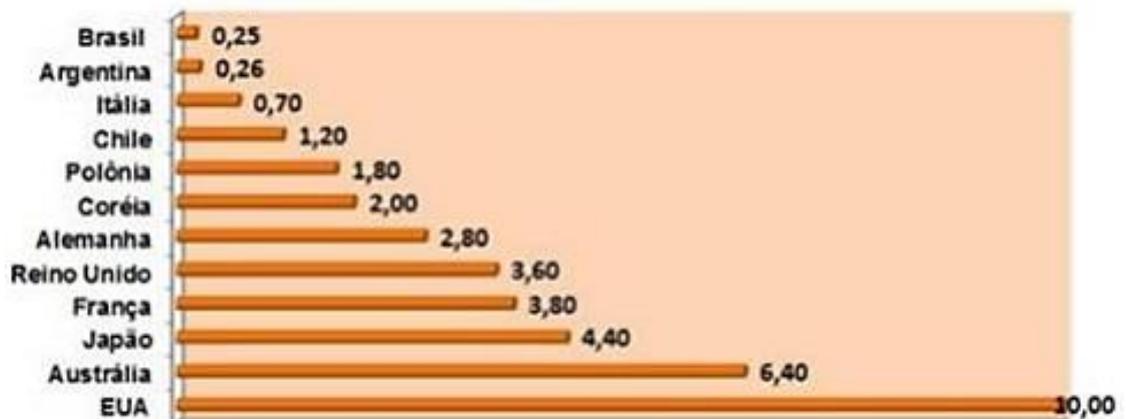
Fonte: Adaptado de Revista: Arquitetura e Construção (2011).

É possível perceber as diferenças entre cada método de vedação, vale ressaltar que, a escolha depende de fatores como: local de aplicação, propriedades da edificação, necessidades do projeto, disponibilidade de material no mercado e da preferência dos construtores e clientes. Além disso em estudos recentes, mesmo sem o isolamento acústico (lã de vidro) o drywall obteve melhor resultado de níveis sonoros comparando com o sistema de alvenaria (BRAGA e PEREIRA, 2017).

Atualmente 95% das residências americanas utilizam o gesso acartonado como fechamento interno (TAGLIABOA, 2011). A Europa utiliza dessa tecnologia há 70 anos, e, portanto, já consolidada (ABRAGESSO, 2015).

A Figura 23 retrata o panorama global do uso de vedação *drywall*, por se tratar de uma tecnologia relativamente nova no Brasil seu uso ainda é pouco e limitado.

Figura 23 – Consumo de m²/hab*ano de chapas drywall no mundo



Fonte: ABRAGESSO (2015).

2.5. COMPOSIÇÃO DE CUSTOS

A composição de custos representa o processo de estabelecimento dos custos envolvidos na execução de um serviço ou atividade, o qual pode ser individualizado por insumo e de acordo com alguns pré-requisitos estabelecidos (CASTRO, 2017).

As categorias de custos diretos envolvidas em um serviço são geralmente:

- Mão de obra
- Material
- Equipamento

É necessário determinar cada um desses custos, afim de estabelecer a composição total de custos diretos. Os custos dividem-se em diretos e indiretos, os custos diretos podem ser identificados e estão objetivamente ligados ao produto e devem ser mensuráveis como citado acima, já os custos indiretos não existe quantidade exata não sendo possível mensurar a exemplo gastos com despesas administrativas, comerciais, financeiras, tributárias, entre outras

2.5.1 Custo da mão de obra

Esse custo não se refere ao salário base de um empregado, o custo da mão de obra trata-se do custo por hora de serviço somado com os encargos sociais e trabalhistas. O custo da hora com os encargos que é utilizada em um orçamento (SILVA, 2015).

Para o cálculo do custo unitário de uma mão de obra pega-se o índice de produtividade de determinada atividade para funções específicas da execução de um serviço e multiplica-se esse índice de produtividade pelo custo/hora do profissional respectivo (SILVA, 2015).

Somado ao custo da mão de obra entram os encargos sociais e trabalhistas referentes a despesas de transporte, alimentação, EPI (Equipamento de Proteção Individual) e ferramentais pessoais (TAVES, 2014).

O valor final do custo/hora de um profissional varia a depender da empresa contratante, além disso é possível encontrar índices já calculados de custo em revistas específicas e base de dados como TCPO, SINAPI entre outros, os quais englobam os custos diretos e indiretos e um custo unitário para a mão de obra.

2.5.2 Custo dos materiais

De acordo com Tisaka (2006) há vários materiais utilizados na composição do custo unitário, sendo que, alguns podem ser apresentados em sua forma natural como: brita, madeira, areia e outros de forma industrializada como: aço, cimento, fiação elétrica, cerâmicas e outros.

É possível obter o custo unitário de cada material através de uma base de dados, a exemplo o SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil) o qual mensalmente atualiza a mesma de acordo com as mudanças no mercado regional e, portanto, é dividido por estados. Além de consulta em banco de dados pode-se realizar cotações em lojas próximas a região da obra afim de levantar o custo dos materiais que serão utilizados.

Para o cálculo do custo de materiais basta pegar seu quantitativo que será utilizado em determinada atividade e multiplicar pelo valor unitário consultado de cada material.

2.6. CONCRETO ARMADO E PROJETO ESTRUTURAL

O concreto armado é um material que devido a sua composição se adapta a qualquer forma estrutural, e, portanto, atende as mais diversas concepções arquitetônicas como atestam as edificações existentes no País (GIONGO, 2007, p.01).

Segundo Carvalho e Filho (2014, p. 21) o concreto armado “é obtido por meio da associação entre concreto simples e armadura convenientemente colocada (armadura passiva) de tal modo que ambos resistam solidariamente aos esforços solicitantes”. De acordo com Pinheiro (2007) essa composição de concreto e aço corresponde ao material estrutural mais utilizado no mundo chegando a valores de uma tonelada anual por habitante.

Para Giongo (2007), a tomada de decisão do tipo de estrutura portante de um edifício depende de fatores técnicos e econômicos, além disso, vale destacar entre eles a facilidade de se encontrar na região os materiais e equipamentos necessários para a construção, bem como a mão de obra disponível. O cálculo dos esforços solicitantes que atuam na estrutura dos edifícios de concreto armado podem ser realizados por meio de processo simplificado o qual considera isoladamente cada elemento estrutural, ou por algum processo mais elaborado ao considerar vigas e lajes como uma grelha e vigas e pilares como pórticos planos ou espaciais, esse segundo método de cálculo é o mais utilizado pelo demais softwares de dimensionamento estrutural, a exemplo o Eberick.

Os elementos estruturais principais que compõe o sistema estrutural global em um edifício de concreto armado são constituídos pelas lajes, pilares, vigas ou a união destes elementos, como exemplo as escadas compostas por lajes e vigas.

Segundo Pinheiro (2007) para os elementos estruturais já citados temos a seguinte definição:

- Lajes: placas as quais recebem cargas permanentes e de uso transferindo os esforços para os apoios, são responsáveis por travar os pilares e por distribuir as ações horizontais entre os componentes de contraventamento;
- Pilares: elementos verticais os quais recebem as cargas das lajes e vigas distribuindo-as até as fundações;
- Vigas: elementos horizontais que servem de apoio as lajes recebendo seus esforços e também de outras vigas e os transmitindo para os pilares;
- Fundação: Recebem os esforços provenientes dos pilares e os transferem para o solo como exemplo têm-se sapatas, blocos, estacas, tubulões e outros.

De acordo com Giongo (2007, p. 18):

“As disposições dos elementos estruturais devem atender as condições peculiares do arranjo arquitetônico e as condições de segurança estrutural do edifício. As ações que solicitam uma estrutura de edifício são: peso próprio da estrutura, peso próprio das paredes divisórias, com os respectivos

acabamentos, e as de utilização adotadas em fundação da finalidade do ambiente arquitetônico”.

Além disso o autor fresa que o engenheiro projetista deve rearranjar os elementos estruturais da melhor maneira para que as condições de resistências aos esforços horizontais (ações de uso e peso próprio) e as ações verticais (vento) sejam satisfatórias. A disposição desses elementos além de tudo, deve garantir a capacidade da estrutura quanto a estabilidade global.

2.7. ANÁLISE ESTRUTURAL E DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA

2.7.1. Estabilidade Global

Ao se realizar cálculos nas estruturas de concreto armado é usual que sejam feitos elemento a elemento, analisando-os de forma individual e isolada cada elemento estrutural (lajes, vigas, pilares, etc). Contudo faz-se necessário analisar o comportamento real da estrutura quando todos os elementos estão conectados e trabalhando em conjunto (RIBEIRO,2010, p.20).

O aumento significativo na altura dos edifícios exige uma maior atenção não apenas as cargas verticais nos pilares, mas também na instabilidade global da edificação exigindo a resistência dos pilares aos esforços horizontais (WORDELL, 2003, p.13)

A atuação simultânea das ações verticais e horizontais provocam deslocamentos laterais nos nós da estrutura. Trata-se de um efeito de não-linearidade geométrica o qual deve ser pressuposto um equilíbrio ao ocorrer deslocamento e ocasionando o surgimento de esforços solicitantes adicionais em vigas e pilares afim de manter a estabilidade (GIONGO, 2007).

Os esforços resultantes das ações verticais na estrutura podem ser denominados efeitos de primeira ordem, já os esforços solicitantes adicionais provocados por ações horizontais são chamados efeitos de segunda ordem os quais provocam excentricidades nas cargas verticais recebidas pelos pilares, conseqüentemente gerando esforços de momentos não previstos em uma configuração inicial. De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014, p.89)

“Efeitos de 2a ordem são aqueles que se somam aos obtidos numa análise de primeira ordem (em que o equilíbrio da estrutura é estudado na configuração geométrica inicial), quando a análise do equilíbrio passa a ser efetuada considerando a configuração deformada”.

“Os efeitos de 2ª ordem, em cuja determinação deve ser considerado o comportamento não-linear dos materiais, podem ser desprezados sempre que não representem acréscimo superior a 10% nas reações e nas solicitações relevantes da estrutura”.

A NBR 6118 (ABNT, 2014) ainda afirma que:

“Estruturas são consideradas, para efeito de cálculo, como de nós fixos, quando os deslocamentos horizontais são pequenos e, por decorrência, os efeitos globais de 2ª ordem são desprezíveis (inferiores a 10% dos respectivos esforços de 1ª ordem). Nessas estruturas, basta considerar os efeitos locais e localizados de 2ª ordem”.

“As estruturas de nós móveis são aquelas onde os deslocamentos horizontais não são pequenos e, em decorrência, os efeitos globais de 2ª ordem são importantes (superiores a 10% dos respectivos esforços de 1ª ordem). Nessas estruturas devem ser considerados tanto os esforços de 2ª ordem globais como os locais e localizados”.

Ainda na norma é possível visualizar os cálculos para os efeitos de segunda ordem que envolvem o parâmetro de instabilidade (α) e o coeficiente (γ_z), sendo que ao serem calculados e não estiverem de acordo com as diretrizes da norma deverá ser aumentada a rigidez da estrutura.

2.7.2. Ações na estrutura

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014) o objetivo da análise estrutural é determinar os efeitos das ações em uma estrutura, afim de verificar os estados de limite último e de serviço. É possível estabelecer os esforços internos, tensões, deformações e deslocamentos na estrutura e a partir disto realizar o dimensionamento para combater as solicitações.

De acordo com Pinheiro (2007, p.42) o estado de limite último corresponde a máxima capacidade suportante da estrutura, se ultrapassado ocasionará na ruptura da estrutura, como exemplos citados pelo autor têm-se escoamento excessivo da armadura, flambagem, instabilidade dinâmica, perda de equilíbrio do corpo rígido entre outros.

Segundo a NBR 6118 (ABNT,2014) o estado de limite de serviço relaciona-se com a funcionalidade da estrutura, requisitos como deformações (flechas), fissurações e vibrações excessivas são limitadas afim de manter a boa aparência da estrutura e conforto ao usuário.

De acordo com a NBR 8681 (ABNT,2002) as causas do aparecimento dos esforços solicitantes ou deformações nas estruturas são denominados ações, somado a isso a NBR 6118 (ABNT, 2014) indica que na análise estrutural a influência das ações que produzam efeitos significativos na segurança da estrutura devem ser consideradas, e levando sempre em conta os estados de limite ultimo e de serviço.

Segundo Giongo (2007) as ações são divididas e classificadas em:

- Permanentes: ocorrem nas estruturas com valores constantes, ou seja, estão em praticamente toda a vida da construção, com variações mínimas e podem ser diretas oriundas do peso próprio da estrutura e dos elementos da construção ou indiretas relacionadas as forças de protensão em peças de concreto protendido e eventuais recalques na estrutura ou fundação;
- Variáveis: ocorrem nas estruturas com valores variáveis durante a vida da construção, referem-se a ações do uso do edifício como móveis, pessoas, materiais, veículos, além disso as forças do vento, variações de temperatura e das pressões hidrostáticas e hidrodinâmicas, dividem-se em normais as quais a probabilidade de ocorrência é grande e devem ser sempre levadas em consideração no projeto estrutural e variáveis especiais como ações sísmicas ou cargas acidentais especiais como trem-tipo.
- Excepcionais: possuem durabilidade curta e a pouca probabilidade de ocorrência durante a vida da construção devendo ser considerados em projeto de algumas estruturas e são exemplos dessas ações eventuais explosões, choques de veículos, incêndios, enchentes e sismos excepcionais.

Com as ações definidas em um projeto estrutural parte-se para o dimensionamento dos elementos estruturais sendo responsável por garantir com segurança a estabilidade e o suporte para todas as solicitações presentes na estrutura. Portanto ao calcular a estrutura comprova-se que as dimensões e seções definidas no cálculo dos elementos estruturais são capazes de resistir as solicitações impostas neles (CARVALHO e FILHO, 2014).

3. METODOLOGIA

3.1. Natureza do Estudo

Segundo Maisonnave (2008) na metodologia de pesquisa faz-se necessário classificá-la criteriosamente com base em sua natureza, afim de garantir a qualidade e confiança do trabalho científico com intuito de abordar corretamente o problema, objetivos e procedimentos utilizados para a pesquisa.

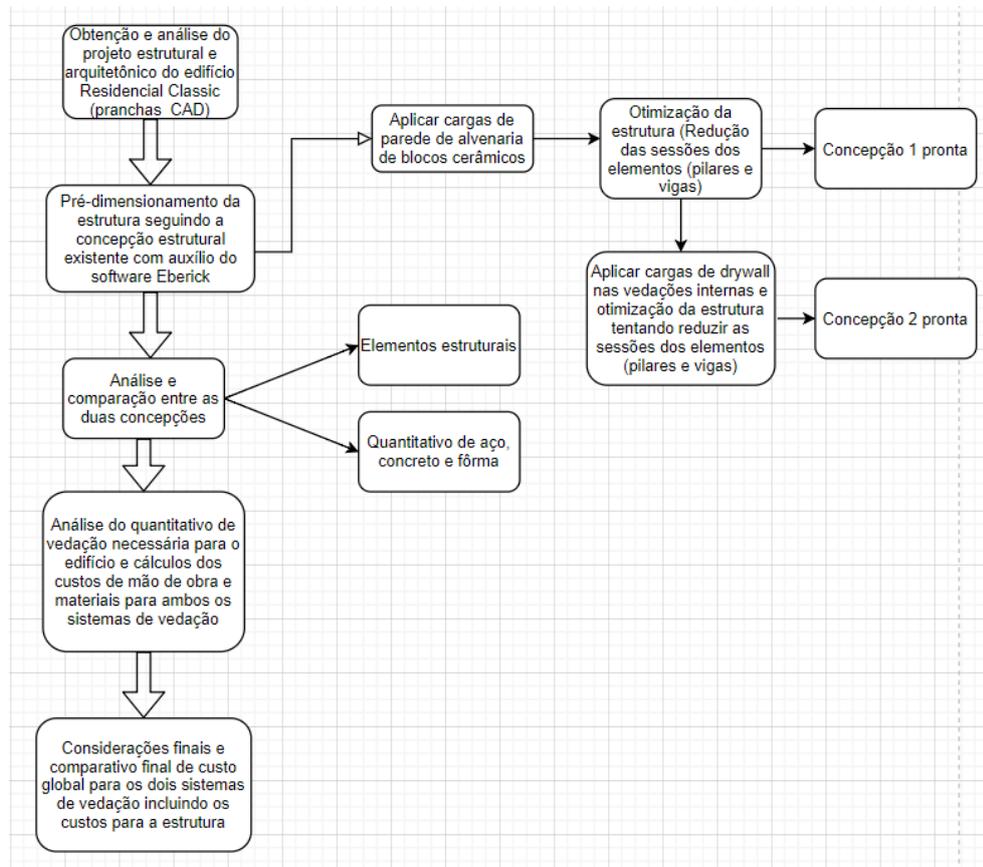
Portanto com base nos objetivos apresentados e segundo Gil (2002), esta pesquisa e estudo podem ser classificados como exploratória e quantitativa ao abordar uma tecnologia antiga porem ainda muito utilizada de vedação como os blocos cerâmicos e outra recente como o *drywall* e assim criar valores numéricos palpáveis e novas hipóteses sobre a viabilidade do uso dessa nova tecnologia.

Esse tipo de pesquisa tem como objetivo principal estudar o impacto proveniente da substituição das vedações internas de um edifício de múltiplos pavimentos feito em alvenaria tradicional de blocos cerâmicos por placas de gesso acartonado e assim verificar as mudanças na estrutura e conseqüente reduções nos gastos com a mesma, para isso foi utilizado o *software* Eberick Next Plena 2020 da empresa brasileira *AltoQi* Tecnologia em informática Ltda como auxílio para realização dos cálculos estruturais, bem como para a análise dos esforços na viga 63, cargas nos pilares e dos quantitativos de aço, concreto e fôrmas empregados na estrutura.

3.2. Sequência de execução do estudo

Afim de ponderar as etapas de execução do estudo e para maiores esclarecimentos a Figura 24 representa o fluxograma mostrando o passo a passo até a análise dos resultados que foram empregados nessa pesquisa. Vale ressaltar que a análise foi empregada para os dois tipos de vedação como uma forma de comparativo e viabilidade no uso do *drywall* como vedação interna para edifícios de múltiplos pavimentos.

Figura 24 – Fluxograma da sequência de estudo



Fonte: Autoria própria (2020)

3.3. Caracterização do edifício de estudo

Foi analisado neste trabalho um edifício em concreto armado da empresa JP Arquitetura e construções Ltda na cidade de Palmas/TO, quadra 706 sul denominado por “Residencial Classic” comporta por 16 pavimentos sendo o Térreo, Pavimento 1 e mais 14 pavimentos tipo, em cada uma das suas torres, seu mapa de localização via imagem satélite com a presença das duas torres executadas consta na Figura 25.

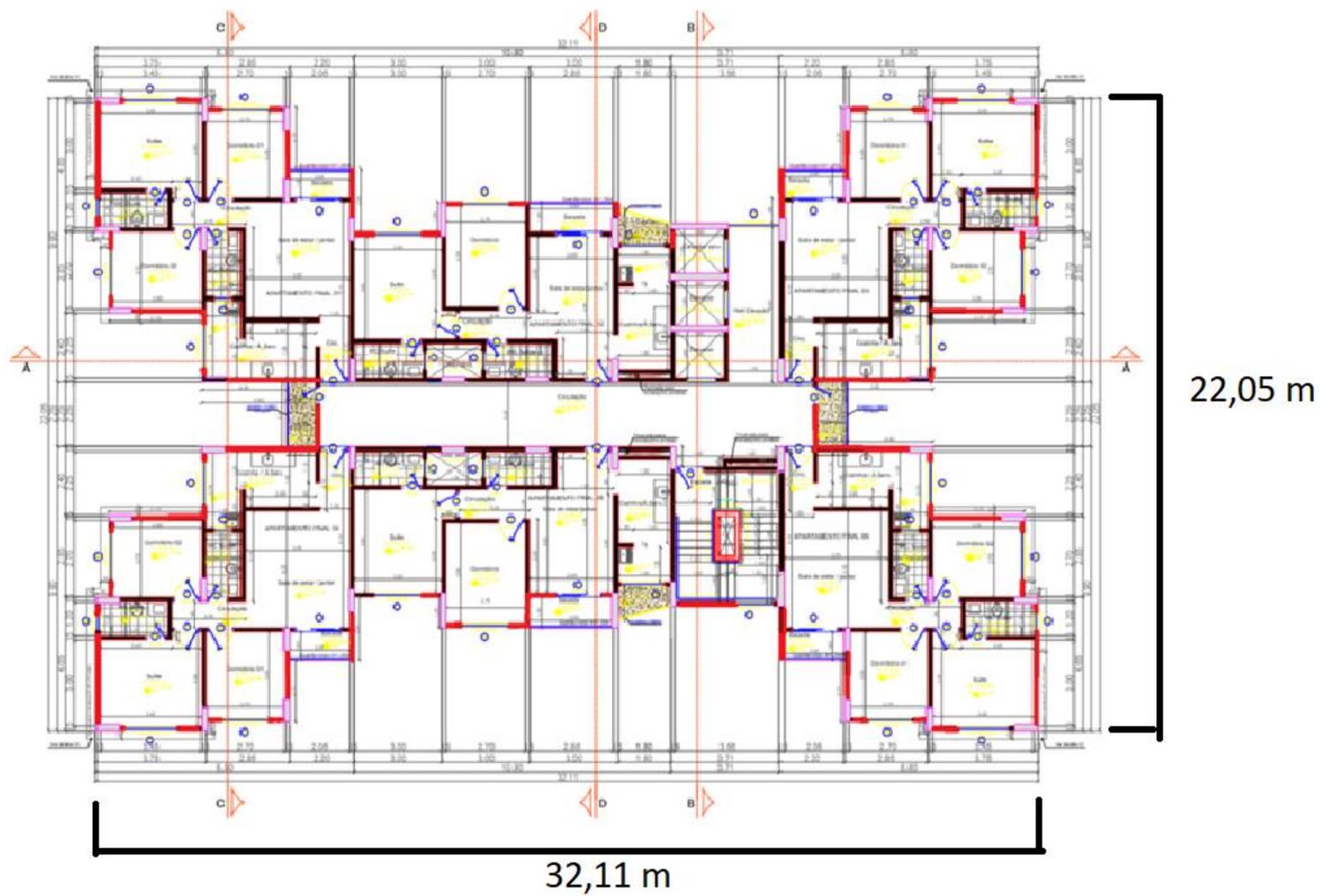
O edifício contém 6 apartamentos por pavimento variando de 61 a 71m² por apartamento totalizando uma área total de 500m² de área construída por pavimento e contendo formato H em sua arquitetura, cada apartamento possui geometria própria sendo pé direito de 3,06m. A Figura 26 e o Anexo A referem-se te a planta baixa do Pavimento tipo do edifício as quais tiveram suas vedações internas em preto trocadas por cargas de gesso acartonado, A Figura 27 refere-se ao corte AA e o Anexo B aos cortes AA e BB.

Figura 25 – Localização Residencial Classic



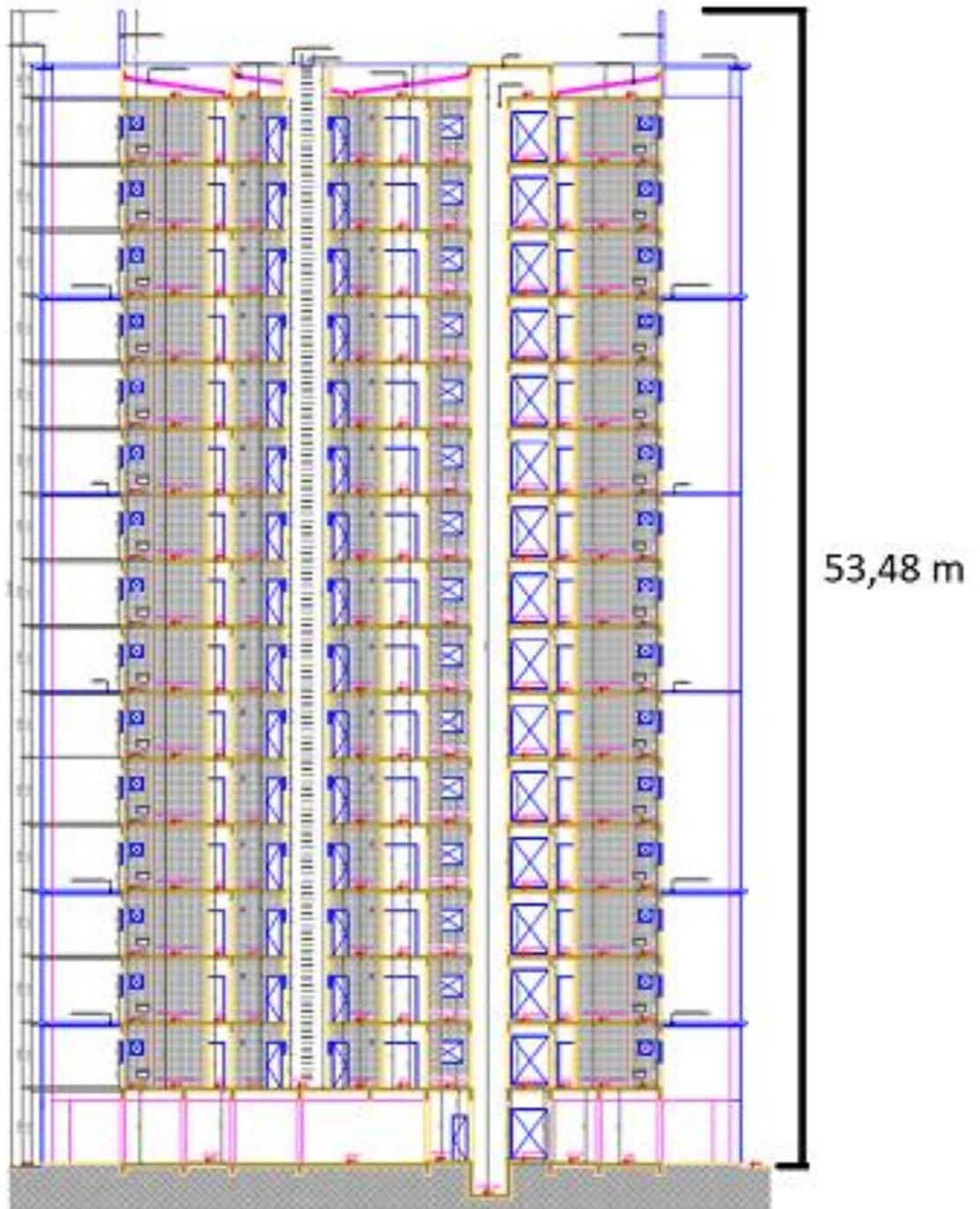
Fonte: Google Maps (2020).

Figura 26 – Planta baixa do Pavimento Tipo



Fonte: JP Arquitetura (2019).

Figura 27 – Corte AA



Fonte: JP Arquitetura (2019).

3.4. Modelagem e cálculo estrutural com software Eberick

A partir da obtenção dos projetos cedidos pela empresa JP Arquitetura e com o auxílio do *software* de dimensionamento estrutural Eberick Next Plena 2020, toda a estrutura do edifício foi modelada conforme concepção estrutural realizada na construção do empreendimento devido as pranchas estruturais cedidas pela empresa, seguindo as mesmas dimensões e localização de elementos estruturais: vigas, pilares e lajes, bem como as bitolas possíveis e serem utilizadas, classe de resistência do concreto, cobrimentos utilizados e laje do tipo maciça armada nas duas direções. Vale ressaltar que nem todos os dados foram fornecidos e, portanto, alguns serão considerados conforme recomendações da NBR 6118/2014. Com relação as cargas de parede, acidentais e permanentes aplicadas na estrutura, estas seguiram as indicações da NBR 6120/2019.

3.4.1 Dados a serem utilizados no projeto

- Classe de agressividade ambiental: II (cidade de Palmas-TO);
- Concreto com f_{ck} igual a 250Kgf/cm² (C = 25Mpa) para todos os elementos estruturais;
- Armaduras com aço CA-50 e CA-60;
- Cobrimentos adotados na construção de 5cm para peças em contato com solo (sapatas), 3cm para as vigas e pilares e 2,5cm para as lajes conforme a NBR 6118/2014 estabelece em classe de agressividade II;
- Lajes: Serão utilizadas lajes maciças armada nas duas direções com espessuras informadas em projeto variando de 8 a 10cm;
- Vento: velocidade básica do vento arbitrada conforme gráfico de isopletas para a região do Tocantins de 33m/s;
- Fundações: Projeto de fundação arbitrado de sapatas na cota de -3,00m, f_{ck} de projeto de 25Mpa para todas as fundações. Resistência admissível do solo de 500kPa (5,0 Kgf/cm²) conforme laudo de sondagem;
- Escada: Laje maciça no patamar com espessura de 12cm e C=25;
- Reservatório: Conforme dimensões informadas na planta de fôrmas do pavimento reservatório;
- Elevador: Composto por pilares parede e vigas conforme projeto estrutural;

- Parede de alvenaria em blocos cerâmicos: 15cm de largura;
- Parede de gesso acartonado (*drywall*): 7 a 30 cm de largura;
- Carga permanente de revestimento considerada de 130 kgf/m² conforme NBR 6120 (ABNT 2019);
- Carga acidental considerada para lajes da casa de máquinas conforme base de dados do software de 3000 kgf/m² e 200 kgf/m² para todas as lajes dos apartamentos conforme NBR 6120 (ABNT,2019);
- Peso específico para as cargas de parede de alvenaria de blocos cerâmicos: 1600 kgf/m³ conforme NBR 6120 (ABNT,2019) para a concepção 1.
- Peso específico para as cargas de parede de gesso acartonado (*drywall*): 500 kgf/m³ conforme NBR 6120 (ABNT,2019) para a concepção 2;

Os dados informados acima foram utilizados para as duas concepções, alterando as cargas de paredes nas vedações internas do edifício em preto conforme Figura 26 entre uma concepção e outra. Para o primeiro caso será adotado as cargas provenientes de alvenaria de blocos cerâmicos e para o segundo caso as cargas provenientes do gesso acartonado para as vedações internas.

3.4.2 Pré-dimensionamento, processamento e otimização da estrutura

Com os dados informados acima foi realizado o cálculo da estrutura com o software Eberick Next Plena 2020, para isso todos os parâmetros foram alterados nas configurações básicas do programa afim de garantir a maior proximidade com o dimensionamento já realizado neste empreendimento.

Ao concluir o dimensionamento estrutural foi procedido a análise dos resultados obtidos para a concepção 1, ou seja, aquela à qual retrata uma aproximação de como foi executado o edifício. A análise dos dados se deu por geração de relatórios referentes aos quantitativos de materiais a serem gastos nos elementos estruturais: aço (kg), concreto (m³) e fôrmas (m²), bem como gráficos comparativos com a concepção 2.

Além disso foram comparados os diagramas de esforços (momento fletor e cortante) em na viga 63 (V63) do edifício situado no pavimento tipo , afim de verificar a diferenças em números nos esforços aplicados, o Pilar 15 (P15) teve sua relação de aço comparada bem como a carga total aplicada (tf) do conjunto de fundações do edifício.

Com a concepção 1 realizada e as análises feitas o próximo passo foi otimizar sua estrutura ao trocar as cargas de alvenaria de blocos cerâmicos por *drywall* nos locais onde haja vedação interna ao tentar reduzir as sessões dos elementos estruturais (pilares, vigas e fundações) a um ponto em que o custo envolvendo concreto e aço sejam o menor possível no elemento em questão, portanto, foi buscado reduzir a sessão na medida em que houve uma maior diminuição na taxa de armadura com relação a concepção 1, visto que, são responsáveis pela maior parcela no custo final da estrutura, e portanto chegando ao final da concepção 2.

Com as sessões dos elementos otimizadas foi procedido a mesma análise para os quantitativos de materiais e diagramas de esforços (momento fletor e cortante) afim de gerar gráficos comparativos entre ambas concepções, bem como a comparação do coeficiente de estabilidade global Gama Z (γZ).

3.4.3 Análise de custos

Concluído os comparativos estruturais foi feito um levantamento de custos com relação aos quantitativos de alvenaria de blocos cerâmicos e *drywall* necessários para executar as vedações internas de todo o edifício, ambas tiveram seu conjunto composto com mesma quantidade de m², variando apenas o tipo placa de gesso internamente e foram quantificados tanto em materiais quanto em mão-de-obra através do valor que consta na tabela SINAPI (AGO,2020).

Além dos valores referentes aos custos para execução da alvenaria foram levantados os custos referentes aos materiais para a estrutura em ambas as concepções através dos quantitativos obtidos nos relatórios fornecidos pelo dimensionamento do software, da mesma maneira que para as vedações através do valor constado na tabela SINAPI (AGO, 2020).

Ao final da pesquisa há gráficos e tabelas comparativas entre as duas concepções para todos os levantamentos de custos e por fim um valor real sobre a possível redução ou não no custo do conjunto vedação-estrutura ao trocar as alvenarias de blocos cerâmicos por paredes de gesso acartonado (*drywall*).

3.4.4 Configurações iniciais do programa

Em primeiro momento foi realizado o lançamento de todos os pavimentos existentes no projeto conforme Figura 28 é possível verificar os lances e uma altura final de 51,55m até o teto da casa de máquinas.

Figura 28 – Pavimentos do projeto

Propriedades da edificação

Identificação

Título: ED PEAKY BLINDERS TCC 2

Pavimentos

Pavimento	Altura (cm)	Nível (cm)
Reservatório	495.00	5650.00
Teto Casa de Máquinas	200.00	5155.00
Piso Cobertura	306.00	4955.00
Pavimento Tipo 14	306.00	4649.00
Pavimento Tipo 13	306.00	4343.00
Pavimento Tipo 12	306.00	4037.00
Pavimento Tipo 11	306.00	3731.00
Pavimento Tipo 10	306.00	3425.00
Pavimento Tipo 9	306.00	3119.00
Pavimento Tipo 8	306.00	2813.00
Pavimento Tipo 7	306.00	2507.00

Nível do solo (cm): 100.00

Fechar Ajuda

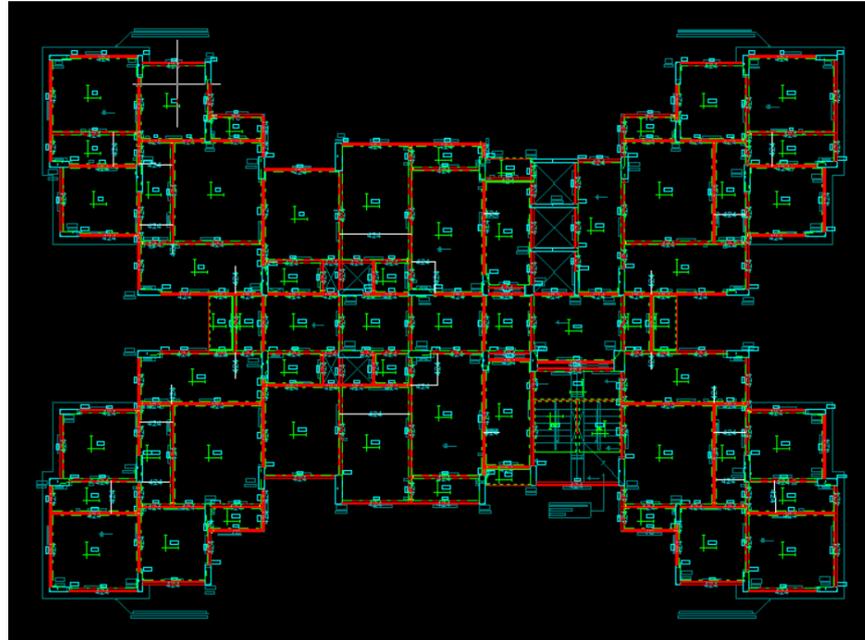
Fonte: Autoria própria (2020)

Com os pavimentos lançados foram posicionadas as plantas de fôrma do projeto estrutural com o auxílio de arquivos CAD importados para o software, a partir disso foi possível fazer o lançamento de todos os elementos estruturais com seus devidos posicionamentos e dimensões conforme o projeto estrutural existente do edifício.

Também foram inseridas as cargas permanentes e acidentais das lajes, bem como as cargas de parede que variavam como cargas de bloco cerâmico (1600kgf/m^3) para a concepção 1 e de drywall (500kgf/m^3) para as vedações internas para a concepção 2 ambas conforme a NBR 6120 (ABNT,2019).

A figura 29 ilustra a planta do pavimento tipo lançada em software a qual seguiu a concepção estrutural executada no edifício.

Figura 29 – Planta do pavimento tipo lançada



Fonte: Autoria própria (2020)

As configurações de análise estrutural de rigidez utilizadas no software Eberick Next Plena 2020 ilustradas na figura 30 foram definidas conforme NBR 6118 (ABNT,2014), uma vez que, o software possui suas configurações padrões totalmente atualizadas com as normas em vigência.

Figura 30 – Configurações de análise

Análise

Geral Redução no engaste para nós semirrígidos: 15 % Redução na torção para os pilares: 0 % Redução na torção para as vigas: 85 % Aumento na rigidez axial dos pilares: 1 ...		Não linearidade geométrica <input checked="" type="checkbox"/> Utilizar o processo P-Delta Número máximo de iterações: 10 Precisão mínima: 1 % Combinação vertical de cálculo: 1.4G1+1.4G2+1.4Q+1.1A ...	
<input checked="" type="checkbox"/> Salvar automaticamente o projeto após o processamento		Imperfeições globais Tipo de estrutura: Estruturas usuais Combinação vertical característica: G1+G2+Q+A ...	
Ligação viga-pilar <input checked="" type="checkbox"/> Flexibilizar ligação com pilar equivalente Aplicar para relação h/b maior que: 5 ...		Processo <input checked="" type="radio"/> Grelhas + pórtico espacial <input type="radio"/> Modelo integrado	
Não linearidade física Rigidez das vigas: 0.4 Ec.Ic Rigidez dos pilares: 0.8 Ec.Ic Rigidez das lajes: 0.5 Ec.Ic		Painéis de lajes... Modelo da fundação... Modelo ELS... Avançado... Análise dinâmica...	
OK		Cancelar	
		Ajuda	

Fonte: Autoria própria (2020)

Além das configurações de análise, os parâmetros para análise da influência do vento na estrutura foram configurados conforme Figura 31, salientando a localidade do edifício na região de Palmas-TO.

Figura 31 – Configurações de vento

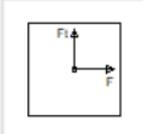
Vento

Velocidade m/s

Aplicação do Vento

Ângulo °

Casos



Topografia

Encostas e cristas de morros em que ocorre aceleração do vento. Vales com efeito de afunilamento (S1 = 1.1)

Vales profundos, protegidos de todos os ventos (S1 = 0.9)

Demais casos (S1 = 1.0)

Tipo de análise

Vento estático

Vento dinâmico

Edificação

Maior dimensão horizontal ou vertical

Rugosidade do terreno

Razão de amortecimento crítico

Fator Estatístico S3

Edificações cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva (hospitais, quartéis de bombeiros e de forças de segurança, centrais de comunicações, etc.): 1.10

Edificações para hotéis e residências. Edificações para comércio e indústria com alto fator de ocupação: 1.00

Edificações e instalações industriais com baixo fator de ocupação (depósitos, silos, construções rurais, etc.): 0.95

Verificação de conforto

Probabilidade de ocorrência

Período de recorrência anos

Fonte: Autoria própria (2020)

Os parâmetros que envolvem critérios como resistência do concreto, cobrimento para peças estruturais, bitolas de aço, classe de agressividade, dimensão do agregado, limites de aberturas de fissuras e fluência a serem consideradas no dimensionamento do software constam na Figura 32.

Figura 32 – Configurações de materiais e durabilidade

Materials e durabilidade

Aplicação

Projeto inteiro
 Por pavimento

Pavimento

- Pavimento Tipo 0
- Pavimento Tipo 1
- Pavimento Tipo 2
- Pavimento Tipo 3
- Pavimento Tipo 4
- Pavimento Tipo 5
- Pavimento Tipo 6
- Pavimento Tipo 7
- Pavimento Tipo 8
- Pavimento Tipo 9
- Pavimento Tipo 10
- Pavimento Tipo 11
- Pavimento Tipo 12
- Pavimento Tipo 13
- Pavimento Tipo 14
- Pavimento Tipo 15
- Pavimento Tipo 16
- Pavimento Tipo 17
- Pavimento Tipo 18
- Pavimento Tipo 19
- Pavimento Tipo 20
- Pavimento Tipo 21
- Pavimento Tipo 22
- Pavimento Tipo 23
- Pavimento Tipo 24
- Pavimento Tipo 25
- Pavimento Tipo 26
- Pavimento Tipo 27
- Pavimento Tipo 28
- Pavimento Tipo 29
- Pavimento Tipo 30
- Pavimento Tipo 31
- Pavimento Tipo 32
- Pavimento Tipo 33
- Pavimento Tipo 34
- Pavimento Tipo 35
- Pavimento Tipo 36
- Pavimento Tipo 37
- Pavimento Tipo 38
- Pavimento Tipo 39
- Pavimento Tipo 40
- Pavimento Tipo 41
- Pavimento Tipo 42
- Pavimento Tipo 43
- Pavimento Tipo 44
- Pavimento Tipo 45
- Pavimento Tipo 46
- Pavimento Tipo 47
- Pavimento Tipo 48
- Pavimento Tipo 49
- Pavimento Tipo 50
- Pavimento Tipo 51
- Pavimento Tipo 52
- Pavimento Tipo 53
- Pavimento Tipo 54
- Pavimento Tipo 55
- Pavimento Tipo 56
- Pavimento Tipo 57
- Pavimento Tipo 58
- Pavimento Tipo 59
- Pavimento Tipo 60
- Pavimento Tipo 61
- Pavimento Tipo 62
- Pavimento Tipo 63
- Pavimento Tipo 64
- Pavimento Tipo 65
- Pavimento Tipo 66
- Pavimento Tipo 67
- Pavimento Tipo 68
- Pavimento Tipo 69
- Pavimento Tipo 70
- Pavimento Tipo 71
- Pavimento Tipo 72
- Pavimento Tipo 73
- Pavimento Tipo 74
- Pavimento Tipo 75
- Pavimento Tipo 76
- Pavimento Tipo 77
- Pavimento Tipo 78
- Pavimento Tipo 79
- Pavimento Tipo 80
- Pavimento Tipo 81
- Pavimento Tipo 82
- Pavimento Tipo 83
- Pavimento Tipo 84
- Pavimento Tipo 85
- Pavimento Tipo 86
- Pavimento Tipo 87
- Pavimento Tipo 88
- Pavimento Tipo 89
- Pavimento Tipo 90
- Pavimento Tipo 91
- Pavimento Tipo 92
- Pavimento Tipo 93
- Pavimento Tipo 94
- Pavimento Tipo 95
- Pavimento Tipo 96
- Pavimento Tipo 97
- Pavimento Tipo 98
- Pavimento Tipo 99

Avisos

Existem 2 problemas nas propriedades definidas

[Detalhes...](#)

Geral

Classe de agressividade: II (moderada)

Dimensão do agregado: 19 mm

Controle rigoroso nas dimensões dos elementos

Considerar redução no cobrimento para peças com fck acima do requerido para a classe de agressividade

Abertura máxima das fissuras

Contato com o solo: 0.2 mm

Contato com a água: 0.1 mm

Demais peças: 0.3 mm

Combinações: Frequentes

Elementos

	Concreto	Cobrimento (peças externas)	Cobrimento (peças internas)	Cobrimento (contato com o solo)	
Vigas	C-25	3 cm	3 cm	3 cm	Bitolas...
Pilares	C-25	3 cm	3 cm	3 cm	Bitolas...
Lajes	C-25	2.5 cm		2.5 cm	Bitolas...
Reservatórios	C-25	5 cm			Bitolas...
Blocos	C-25			5 cm	Bitolas...
Sapatas	C-25			5 cm	Bitolas...
Tubulões	C-25			5 cm	Bitolas...
Muros	C-25			5 cm	Bitolas...
Radier	C-25			3 cm	Bitolas...

Fluência... Barras... Classes... **OK** Cancelar Ajuda

Fonte: Autoria própria (2020)

Configurados todos os parâmetros iniciais houve o processamento e dimensionamento dos elementos estruturais pelo software pelo modelo de pórtico espacial a qual considera os deslocamentos e influência da ação externo do vento na estrutura bem como a estabilidade global da estrutura em conjunto. Além disso o processo P-Delta foi ativado para a análise dos efeitos de segunda ordem no caso de o coeficiente Gama Z superar o valor de 1,10 e a estrutura se tornar de nós móveis.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta fase serão apresentados os resultados e discussões a respeito da metodologia citada nesse estudo, a partir dos critérios estabelecidos anteriormente e o dimensionamento com o auxílio do software. Frente as duas concepções estruturais realizadas este capítulo será dividido em dois pontos.

O primeiro ponto refere-se a análise estrutural através de comparativos de valores numéricos e gráficos entre alguns dos elementos estruturais (vigas, pilares, lajes e fundações) bem como a estabilidade global através do coeficiente Gama-Z dos dois projetos.

Em segundo ponto a análise de custos com o comparativo entre materiais e mão-de-obra para a execução do projeto e das vedações os quais envolvem (quantidade de aço, volume de concreto, área de fôrma, área de vedação), salientando que a mão-de-obra será considerada apenas para as vedações, visto que, o impacto econômico da mão-de-obra ao mudar a tipologia construtiva é altamente relevante.

Foi observado que para as duas concepções estruturais apenas os materiais que englobam os elementos estruturais (vigas, pilares, lajes e fundações) foi considerando, uma vez que escadas e reservatórios não tiveram mudanças significativas por apresentarem variação irrisória e, portanto, não interferindo na análise comparativa.

Nota-se também que todas as fundações foram escolhidas como sapatas, mesmo que a fundação real executada tenha sido composta por sapatas e tubulões com blocos de coroamento. A justificativa para tal escolha refere-se a não possibilidade de variações significativas entre os dois projetos para os tubulões com blocos, pois o software mantém a sessão fixa dos elementos independente da carga aplicada, ao passo que, a sapata apresenta variação significativa em sua dimensão ao mudar a carga aplicada. Afim de aproximar da realidade, a variação das dimensões dos tubulões e blocos de fato ocorreria e como decisão de projeto foram escolhidas sapatas pela possibilidade de variação e proximidade com a realidade.

Ao final desse estudo encontram-se os apêndices que possuem as plantas de fôrmas do pavimento térreo e tipo, e detalhamentos das vigas, pilares, lajes e fundações analisadas para as duas concepções estruturais.

4.1. ANÁLISE ESTRUTURAL

4.1.1. Estabilidade Global

Consoante ao apresentado no item 2.7.1 desse estudo, deve-se verificar a estabilidade global por meio do coeficiente Gama Z (γ_z) para verificar a necessidade da análise dos efeitos de 2º ordem na estrutura. Nas duas estruturas em questão esse coeficiente superou o valor de 1,10 e nas direções X e Y conforme Tabelas 1 e 2, tornando-se uma estrutura de nós-móveis e, portanto, o efeito 2º ordem foi considerado e calculado pelo coeficiente P-Delta.

A Figura 32 retrata o modelo 3D das duas concepções a qual apresentam semelhante estética visto que o posicionamento dos elementos estruturais não foi modificado, apenas as dimensões.

Figura 33 – Modelo 3D

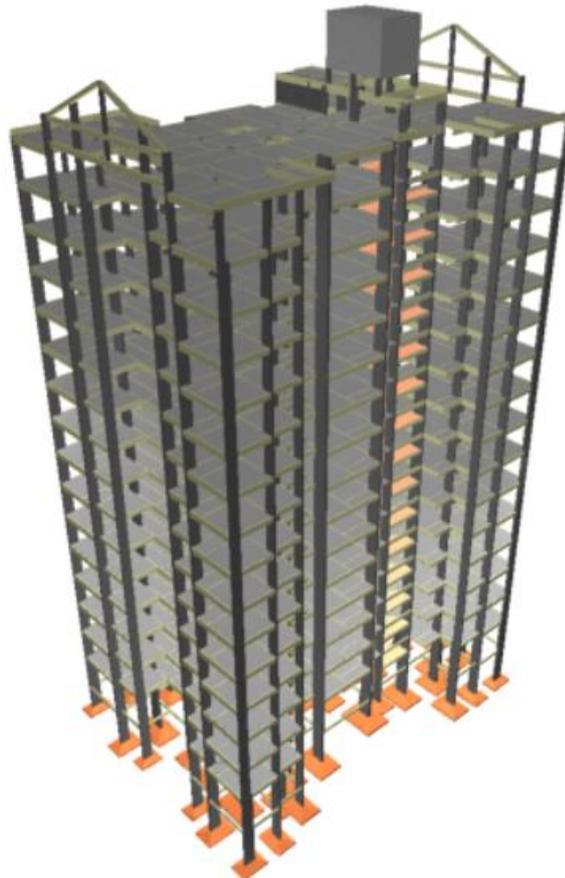


Tabela 1 – Coeficiente Gama Z (γ_z) – Conceção 1 (Bloco cerâmico)

Coeficiente Gama-Z		
	Eixo X	Eixo Y
Momento de tombamento de cálculo (tf.m)	2601.11	5095.42
Momento de 2ª ordem de cálculo (tf.m)	476.55	652.87
Gama-Z	1.22	1.15

Fonte: Autoria própria (2020)

Tabela 2 – Coeficiente Gama Z (γ_z) – Conceção 2 (Drywall)

Coeficiente Gama-Z		
	Eixo X	Eixo Y
Momento de tombamento de cálculo (tf.m)	2601.11	5095.42
Momento de 2ª ordem de cálculo (tf.m)	416.18	613.60
Gama-Z	1.19	1.14

Fonte: Autoria própria (2020)

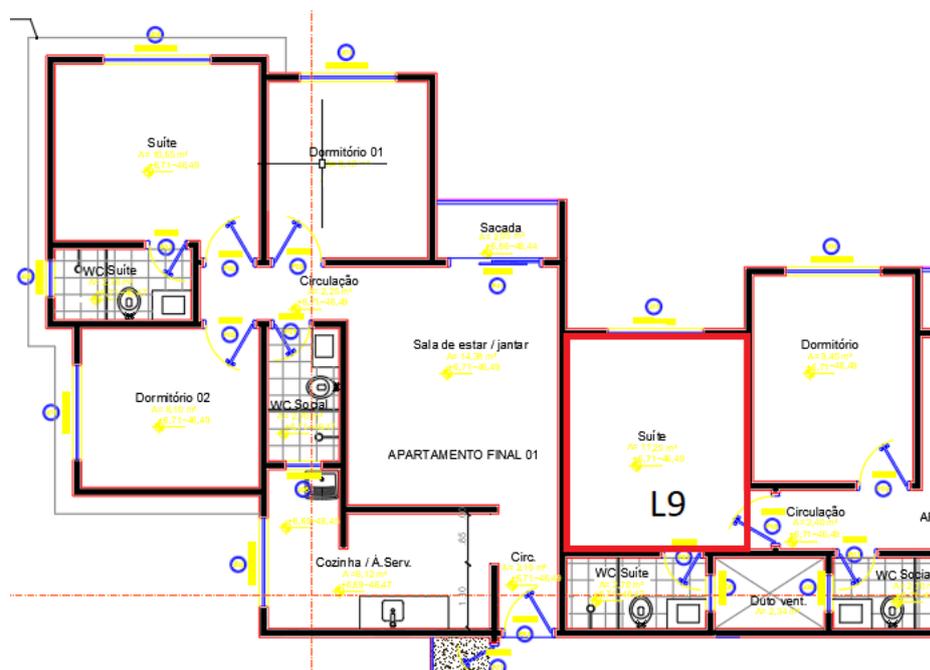
Nota-se que ambos os projetos tiveram influência significativa dos efeitos de 2ª ordem devido se tratar de um edifício relativamente alto com altura próxima a 50 metros, contudo percebe-se também que o projeto a qual foram aplicadas cargas de drywall nas vedações internas teve seu Gama-Z reduzido e conseqüentemente os momentos de 2ª ordem, logo é possível concluir que “a magnitude das cargas verticais aplicadas à estrutura, tais como o peso próprio e a sobrecarga acidental, tem influência direta na estabilidade global da estrutura, podendo deixá-la instável (CHINEM, 2010)

Vale salientar que para o projeto de drywall algumas seções de pilares foram reduzidas o que impactou também na estabilidade global só que de forma negativa, ou seja, ao reduzir as seções o gama-Z aumentaria pois “Aumentando a seção das vigas e/ou pilares que compõe a estrutura aumenta-se, conseqüentemente, o momento de inércia destes elementos, o que favorece um aumento de rigidez da estrutura como um todo”(ALTOQI, 2020), porém o impacto do carregamento no edifício foi superior as mudanças nas seções e o Gama-Z diminuiu, com isso caso o edifício mantivesse as seções inalteradas nos dois projeto teríamos possivelmente uma maior redução nesse coeficiente.

4.1.2. Lajes

Conforme analisado em projeto, houve uma significativa redução na quantidade de aço nas lajes que são todas do tipo maciça, devido isso a Laje 9 do pavimento tipo 1 (Figura 33) referente a suíte do apartamento 01 será analisada nos parâmetros: flecha (Tabela 3) e armadura (Tabela 4) nas duas concepções, as mesmas poderão ser visualizadas na planta de fôrma do pavimento tipo no apêndice A e B.

Figura 34 – Localização da Laje 9



Fonte: Autoria própria (2020)

Tabela 3 – Flecha da laje 9 (cm)

	Bloco cerâmico	Drywall
Laje 9	0.68	0.55

Fonte: Autoria própria (2020)

Ambos os valores de flecha nos dois projetos atenderam ao critério de Estado Limite de Serviço informado na NBR 6118 (ABNT,2014) o qual informa um limite para as flechas nas lajes equivalente ao menor vão dividido por 250 (l/250), como o menor vão dessa laje é 300cm

teríamos um valor aceitável de flecha de até 1,2cm, houve uma redução de 19,11% na flecha dessa laje entre a concepção 1 e 2 devido a diminuição dos carregamentos no edifício.

Tabela 4 – Armadura da Laje 9

		Projeto com Bloco Cerâmico	Projeto com Drywall
Armadura positiva (CA 50)	Eixo X	6,3 mm c/17 cm	6,3 mm c/17 cm
	Eixo Y	5,0 mm c/14 cm	5,0 mm c/19 cm

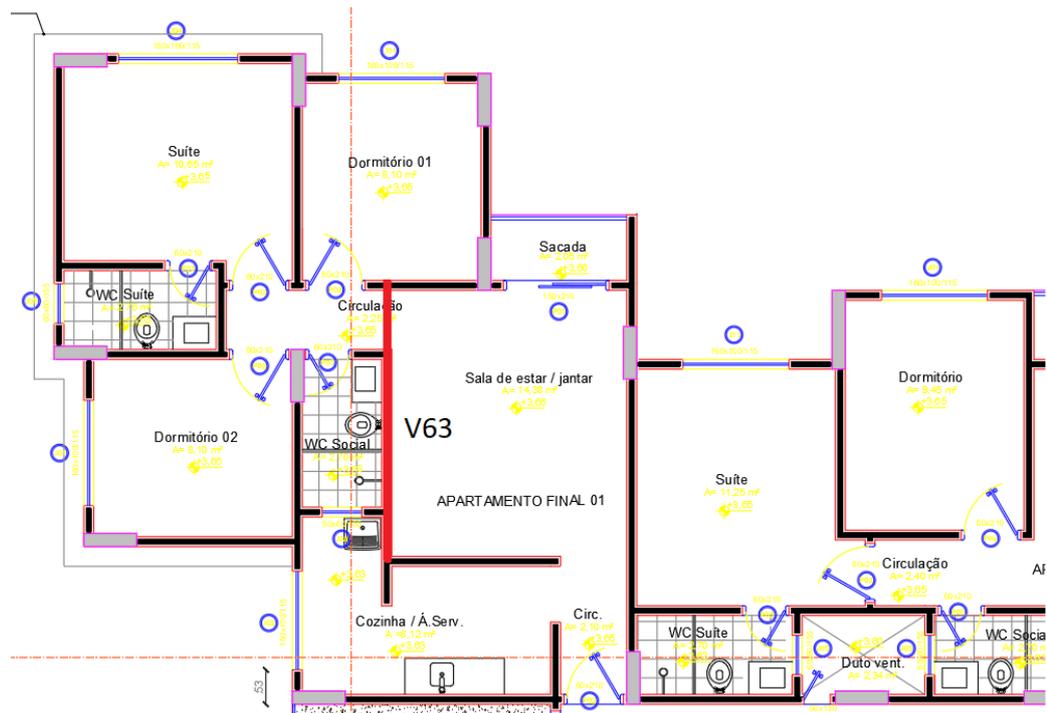
Fonte: Autoria própria (2020)

Percebe-se que nessa laje em questão não houve necessidade de armadura negativa pois os esforços de momento negativo eram baixos nas duas direções, contudo para as armaduras positivas houve uma mudança perceptível na direção Y a qual teve seu espaçamento entre barras reduzido de 14cm para 19cm reforçando a ideia inicial de que a diminuição no carregamento do edifício contribuiria para a redução das armaduras das lajes.

4.1.3. Vigas

Assim como as lajes as vigas sofreram alterações em seu dimensionamento, contudo a escala foi maior, uma vez que, estas são as que recebem diretamente os carregamentos aplicados pelas vedações. A Viga 63 do Pavimento Tipo 1 do apartamento 01 analisada consta na Figura 35 e pode ser visualizada na planta de fôrmas do pavimento tipo nos apêndices A e B bem como seu detalhamento nos apêndices C e D.

Figura 35 – Localização da Viga 63



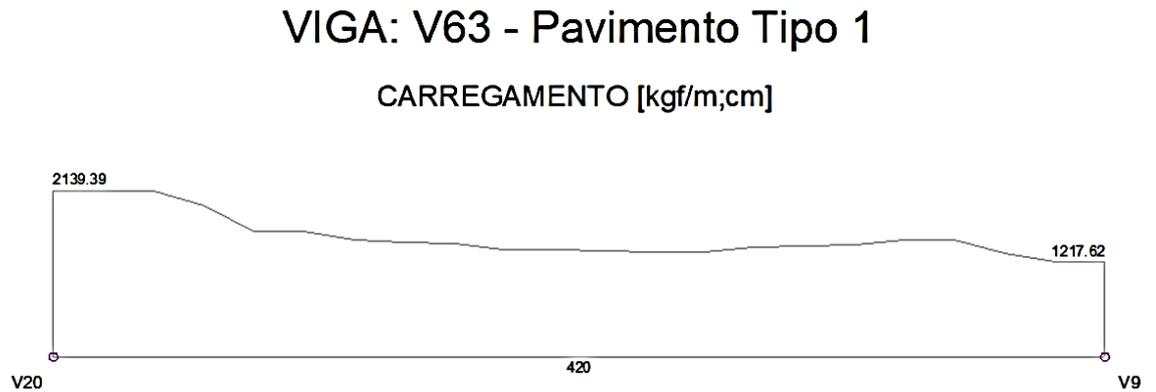
Fonte: Autoria própria (2020)

Para todas as vigas dos dois projetos não houve alteração em suas sessões, apenas na armadura, pois ao realizar a otimização trocando as cargas para *drywall* no segundo projeto e comparado o menor custo com relação a dimensão x armadura das vigas mesmo sendo possível reduzir a sessão o impacto do acréscimo de armadura ocasionaria em maior custo do que a redução no concreto pela diminuição da sessão, portanto a diferença entre o dimensionamento das vigas dos dois projetos consiste na diminuição das armaduras pela consequente redução nos esforços aplicados sobre elas

Podemos observar nas Figuras (36, 37 e 38) as quais referem-se aos gráficos de carregamento, esforço cortante e esforço de momento fletor da concepção 1 (projeto de vedação com blocos cerâmicos) na Viga de número 63 (V63).

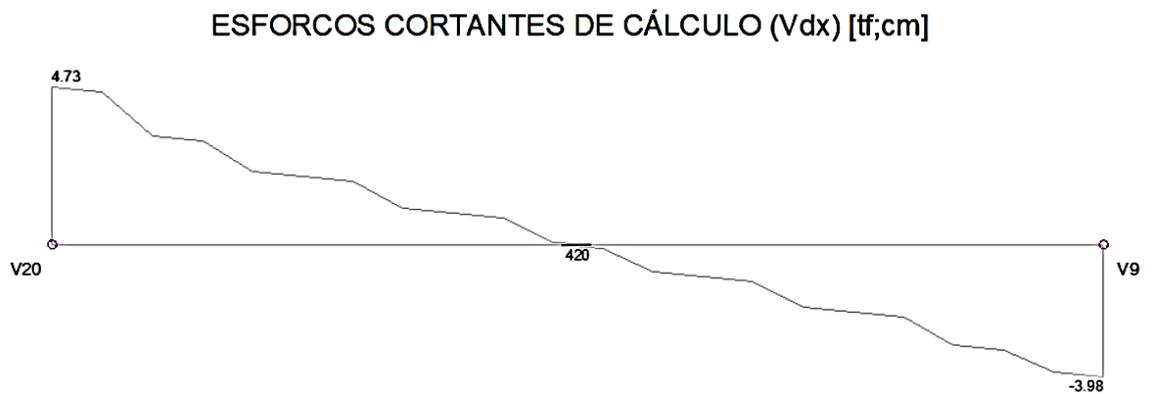
Para a concepção 2 (projeto de vedação em *drywall*) os gráficos constam nas Figuras (39, 40 e 41) na viga de número 63 (V63) podendo assim ser visualizado a diferença nos valores dos esforços entre os dois projetos.

Figura 36 – Carregamento da V63 – Concepção 1 (Bloco Cerâmico)



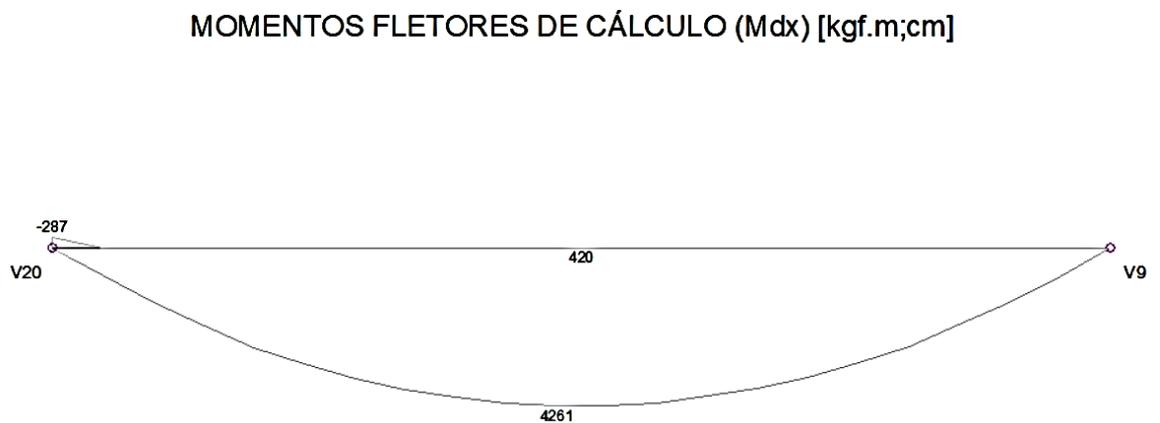
Fonte: Autoria própria (2020)

Figura 37 – Esforços cortantes da V63 - Concepção 1 (Bloco Cerâmico)



Fonte: Autoria própria (2020)

Figura 38 – Esforços de Momento Fletor da V63 - Concepção 1 (Bloco Cerâmico)

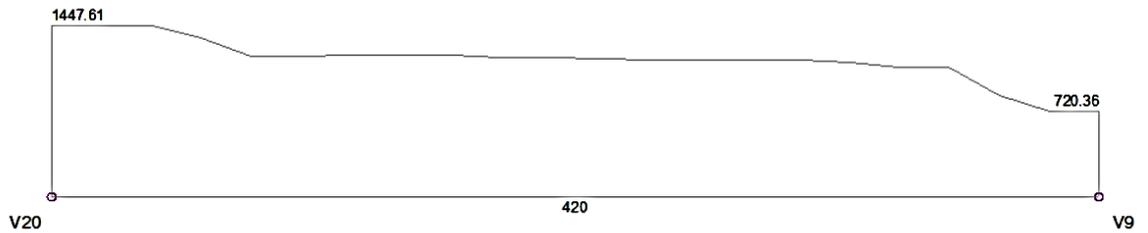


Fonte: Autoria própria (2020)

Figura 39 – Carregamento da V63 – Concepção 2 (Drywall)

VIGA: V63 - Pavimento Tipo 1

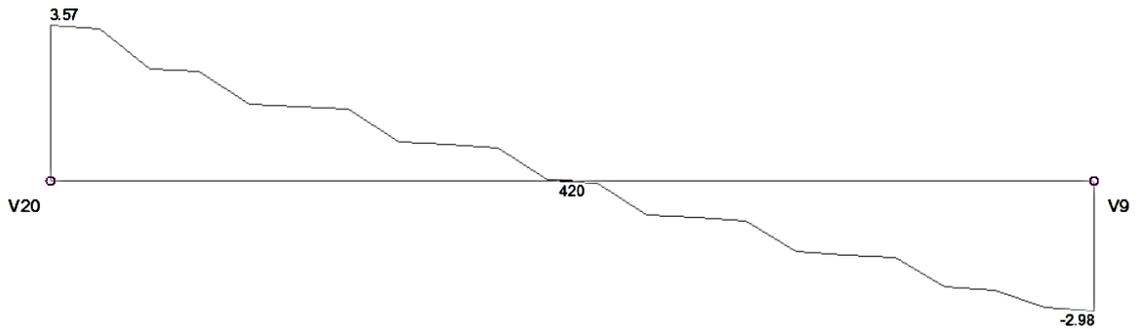
CARREGAMENTO [kgf/m;cm]



Fonte: Autoria própria (2020)

Figura 40 – Esforços cortantes da V63 - Concepção 2 (Drywall)

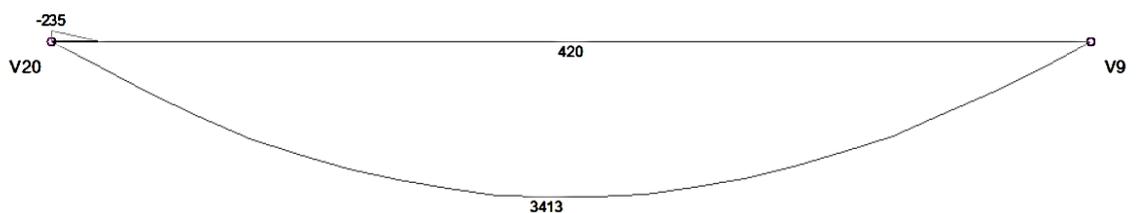
ESFORÇOS CORTANTES DE CÁLCULO (Vdx) [tf;cm]



Fonte: Autoria própria (2020)

Figura 41 – Esforços de Momento Fletor da V63 - Concepção 2 (Drywall)

MOMENTOS FLETORES DE CÁLCULO (Mdx) [kgf.m;cm]



Fonte: Autoria própria (2020)

Nota-se a variação da força das ações na viga em questão para os dois projetos, por se tratar de uma viga interna toda a carga de vedação aplicada sobre ela foi de drywall na segunda concepção e, portanto, houve essa grande variação em seus esforços. Para o carregamento aplicado houve uma diferença de até 41% no ponto próximo a viga 9, enquanto que para o esforço cortante de cálculo variou em torno de 25% ao longo da viga, já para o momento fletor aproximadamente 20% em seu pico de intensidade no centro da viga.

Devido as variações encontradas, a viga foi dimensionado e houve redução nas armaduras para a concepção 2 (projeto com drywall). A figuras 42 demonstra os resumos de aço do dimensionamento da viga nos dois projetos, os detalhamentos dela encontram-se no apêndice C e D.

Figura 42 – Resumo de aço da V63

V63						V63					
RELAÇÃO DO AÇO						RELAÇÃO DO AÇO					
Bloco Cerâmico						Drywall					
AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)	AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	25	91	2275	CA60	1	5.0	20	91	1820
CA50	2	6.3	4	434	1736	CA50	2	6.3	4	434	1736
	3	8.0	2	478	956		3	6.3	4	106	424
	4	10.0	1	320	320		4	8.0	2	478	956
	5	10.0	1	438	438		5	12.5	2	450	900
	6	10.0	2	445	890						

RESUMO DO AÇO				RESUMO DO AÇO			
AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	PESO + 10% (kg)	AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	PESO + 10% (kg)
CA50	6.3	17.4	4.7	CA50	6.3	21.6	5.8
	8.0	9.6	4.1		8.0	9.6	4.1
	10.0	16.5	11.2		12.5	9	9.5
CA60	5.0	22.8	3.9	CA60	5.0	18.2	3.1
PESO TOTAL (kg)				PESO TOTAL (kg)			
CA50	20			CA50	19.5		
CA60	3.9			CA60	3.1		

Volume de concreto (C-25) = 0.21 m³
 Área de forma = 3.97 m²

Volume de concreto (C-25) = 0.21 m³
 Área de forma = 3.97 m²

Fonte: Autoria própria (2020)

Como notado, por se tratar de uma viga bi-apoiada com seus apoios compostos pelas vigas (V9 e V20) a mesma apresenta baixos esforços e portanto seu dimensionamento consiste em baixa taxa de armadura, embora haja grande variação em seus esforços a variação na armadura foi mínima com redução de 4,43% no total de peso de aço. Vale ressaltar que mesmo que apresente pouca redução o somatório da redução de todas as vigas, consiste no impacto

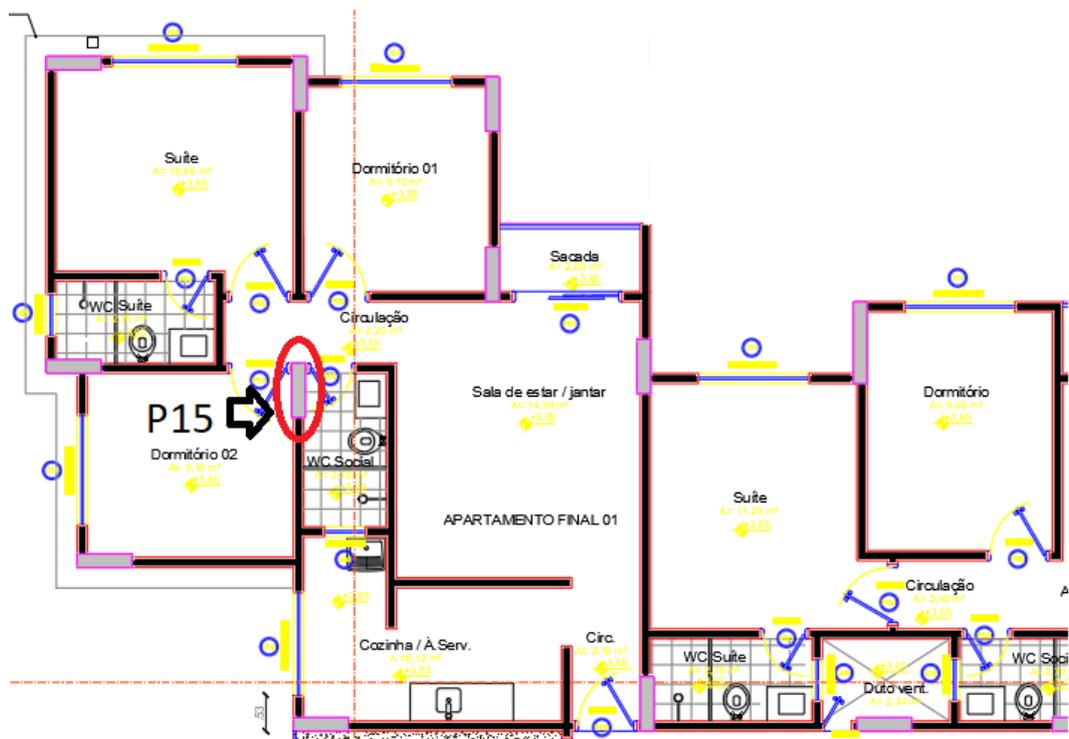
global da redução de aço no edifício, além de que, vigas maiores e com grandes esforços resultam em maiores percentagens de redução em seu dimensionamento a exemplo a V70 que não consta nesse estudo, mas que devido seu grande comprimento apresentou redução de 15% no peso de aço ao aplicar carga de vedação de drywall.

4.1.4. Pilares

Assim como as vigas e lajes, os pilares também sofreram mudanças em seu dimensionamento, especialmente pela alta variação no carregamento, sabe-se que “Nas estruturas usuais, compostas por lajes, vigas e pilares, o caminho das cargas começa nas lajes, que delas vão para as vigas e, em seguida, para os pilares, que as conduzem até a fundação” (SCADELAI, PINHEIRO, 2005) portanto a conseqüente redução nas cargas provenientes das vedações que são descarregadas nas vigas e em seguida para os pilares contribuíram para a significativa redução no carregamento dos pilares devido a alta quantidade de vigas.

Foi analisado o dimensionamento de um pilar (P15) no pavimento Tipo 1 do edifício, o seu posicionamento consta na Figura 43.

Figura 43 – Localização do Pilar 15



Fonte: Autoria própria (2020)

O pilar em questão apresentou um carregamento de 321,80 tf para a primeira concepção com bloco cerâmico e 264,13 tf, portanto, uma redução de aproximadamente 18% no carregamento, devido esse pilar estar no pavimento tipo 1 e por ter mais 14 lances acima dele a variação foi alta, contudo conforme for subindo o lance a variação tende a diminuir pois a quantidade de vigas que descarregam na prumada do pilar é diretamente proporcional a quantidade de lance. Diante dessa variação no carregamento há a variação nos esforços aplicados no pilar e, portanto, mudança em seu dimensionamento que consta na Figura 44 para os dois projetos. Os detalhamentos do pilar constam nos apêndices C e D.

Figura 44 – Resumo de aço do P15

RELAÇÃO DO AÇO						RELAÇÃO DO AÇO					
P15 Bloco Cerâmico						P15 Drywall					
AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)	AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	182	34	6188	CA60	1	5.0	130	34	4420
	2	5.0	26	257	6682		2	5.0	26	237	6162
CA50	3	10.0	18	303	5454	CA50	3	10.0	14	344	4816
	4	12.5	10	94	940						

RESUMO DO AÇO				RESUMO DO AÇO			
AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	PESO + 10% (kg)	AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	PESO + 10% (kg)
CA50	10.0	54.5	37	CA50	10.0	48.2	32.7
CA60	12.5	9.4	10	CA60	5.0	105.8	17.9
CA60	5.0	128.7	21.8	PESO TOTAL (kg)			
PESO TOTAL (kg)				CA50	32.7		
CA50	46.9			CA60	17.9		
CA60	21.8			Volume de concreto (C-25) = 0.77 m³			
Volume de concreto (C-25) = 0.84 m³				Área de forma = 7.65 m²			
Área de forma = 8.26 m²							

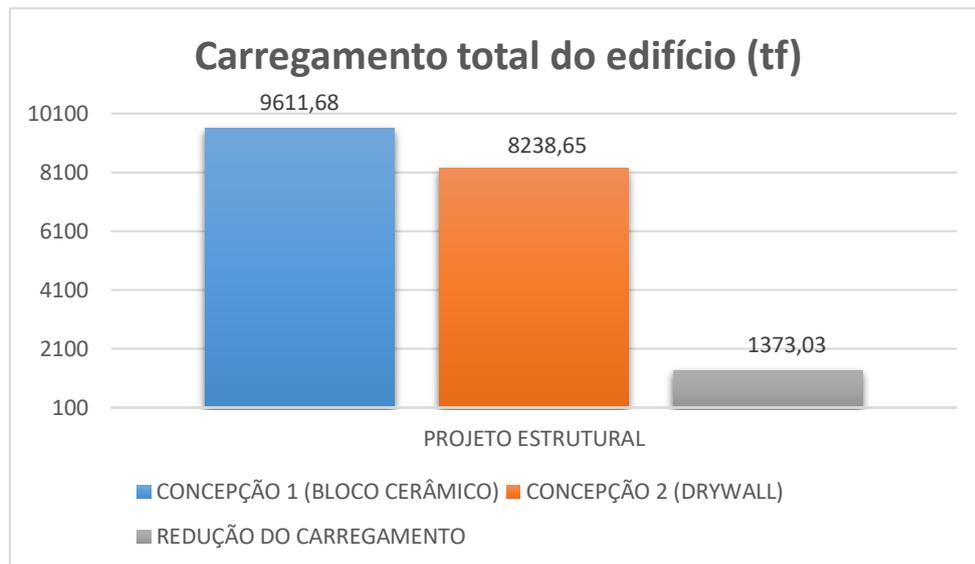
Fonte: Autoria própria (2020)

Constata-se que tanto o peso de aço, quanto o volume de concreto reduziram e consequentemente a área de fôrma, isso ocorreu pois foi possível reduzir a sessão do pilar de 25x110cm no projeto com bloco cerâmico para 25x100cm no projeto com drywall devido a essa redução no carregamento. A critério de valores numéricos conforme observado houve uma redução de 26,3% para a armadura, 8,3% para o concreto e 7,3% para as fôrmas. Vale ressaltar que em todos os pilares do projeto houve variação da sessão e redução das armaduras ao trocar os carregamentos de vedação internas para drywall.

4.1.5. Fundações

Como discutido no item 4 desse estudo, como critério de projeto todas as fundações foram em sapatas que tiveram seus carregamentos diferidos entre as duas concepções, o gráfico 1 retrata o somatório do carregamento de todas as sapatas de cada concepção estrutural, mostrando a diferença entre os dois projetos.

Gráfico 1 – Carregamento total do edifício



Fonte: Autoria própria (2020)

Nota-se uma redução no carregamento do edifício de aproximadamente 14,4% o que reflete diretamente no dimensionamento das fundações. A figura 45 retrata o resumo de aço do pilar mais carregado do edifício o P37 nas duas concepções, o mesmo teve seu carregamento reduzido de 321 tf na concepção 1 para 276,4 tf na concepção 2 e conseqüentemente reduzindo tanto a dimensão da sapata quanto a quantidade de armadura necessária para suprir esse esforço.

A dimensão da sapata para o projeto de bloco cerâmico foi de 2,75x3,2m enquanto que para o projeto de drywall 2,6x3,05m. Em valores numéricos a redução no peso de aço foi de 23,2%, no concreto de 15,2% e na fôrma 6,5%.

Figura 45 – Resumo de aço da S37

RELAÇÃO DO AÇO						RELAÇÃO DO AÇO					
P37 S37 Bloco Cerâmico						P37 S37 Drywall					
AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)	AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	111	91	10101	CA60	1	5.0	44	91	4004
	2	5.0	185	49	9065		2	5.0	220	47	10340
	3	5.0	37	231	8547		3	5.0	44	227	9988
CA50	4	10.0	28	VAR	VAR	CA50	4	10.0	4	VAR	VAR
	5	12.5	12	94	1128		5	10.0	16	VAR	VAR
	6	20.0	19	293	5567		6	20.0	16	268	4288
	7	20.0	17	338	5746		7	20.0	15	313	4695

RESUMO DO AÇO				RESUMO DO AÇO			
AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	PESO + 10% (kg)	AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	PESO + 10% (kg)
CA50	10.0	126	85.5	CA50	10.0	96.6	65.5
	12.5	11.3	12		20.0	89.8	243.7
	20.0	113.1	306.9		CA60	5.0	243.3
CA60	5.0	277.1	47	PESO TOTAL (kg)			
PESO TOTAL (kg)				CA50	309.2		
CA50	404.3			CA60	41.3		
CA60	47			Volume de concreto (C-25) = 4.99 m ³			
Volume de concreto (C-25) = 5.89 m ³				Área de forma = 13.38 m ²			
Área de forma = 14.31 m ²							

Fonte: Autoria própria (2020)

4.1.6. Conjunto da estrutura

Para o conjunto total da estrutura a qual engloba (lajes, vigas, pilares e fundações) nesse estudo, temos o quantitativo total de aço, concreto e fôrma para cada uma das duas concepções, a critério comparativo tem-se na Tabela 5 os quantitativos para o projeto com bloco cerâmico e na Tabela 6 para o projeto com *drywall*.

Tabela 5 – Consumo de materiais Concepção 1 (Bloco Cerâmico)

	Aço (kg)	Concreto (m ³)	Fôrma (m ²)
Lajes	21.621,50	652,30	6.732,00
Vigas	57.853,40	424,00	7.827,70
Pilares	58.646,00	664,70	7.305,80
Fundações	10.271,60	161,90	153,30
TOTAL	148.392,50	1902,90	22.018,8

Fonte: Autoria própria (2020)

Tabela 6 – Consumo de materiais Concepção 2 (Drywall)

	Aço (kg)	Concreto (m³)	Fôrma (m²)
Lajes	20.258,90	649,40	6.724,70
Vigas	52.613,20	421,60	7.780,90
Pilares	52.864,20	607,60	6.824,30
Fundações	8.893,70	144,70	141,80
TOTAL	134.900,00	1.823,30	21.471,70

Fonte: Autoria própria (2020)

Como já discutido em tópicos anteriores e analisando as duas tabelas, nota-se um grande impacto na redução do aço, esse que ocorreu em todos os elementos estruturais, com relação aos materiais concreto e fôrma a redução foi menor, porém ainda sim todos os elementos tiveram seus quantitativos reduzidos. Outros dados convenientes a serem citados é que para o projeto com drywall temos um consumo de aço de 78 kg/m³ de concreto e uma relação de carga vertical por metro quadrado de 1.269 kgf/m², enquanto que para o projeto com *drywall* respectivamente 74 kg/m³ e 1.088 kg/m² sendo que o edifício possui uma área de aproximadamente 7.570 m², a tabela 7 demonstra esses dados.

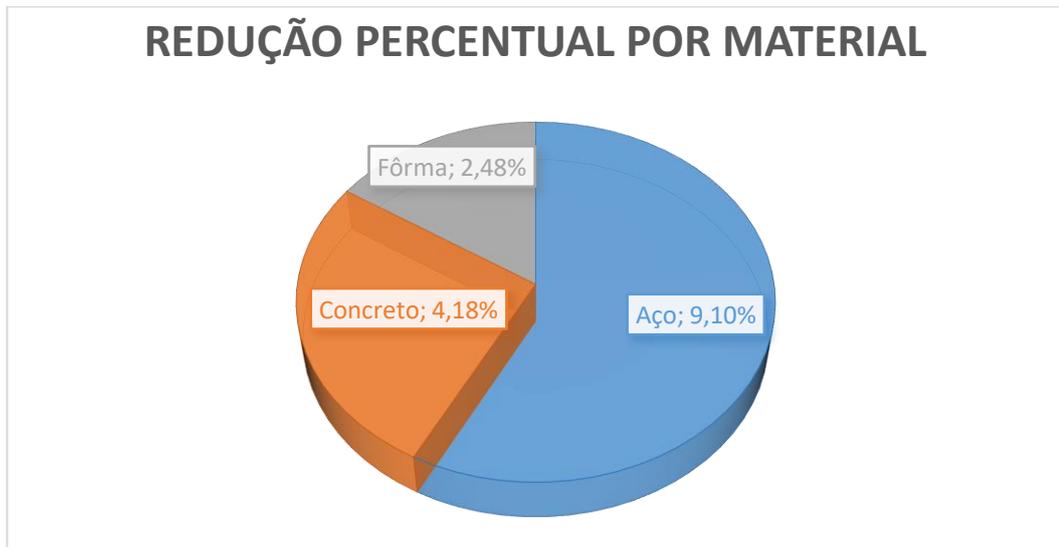
Tabela 7 – Consumo de aço e carga por área

	Concepção 1 (Bloco cerâmico)	Concepção 2 (Drywall)
Consumo de aço (kg/m³)	78,0	74,0
Carga por área (kg/m²)	1.269,0	1.088,0

Fonte: Autoria própria (2020)

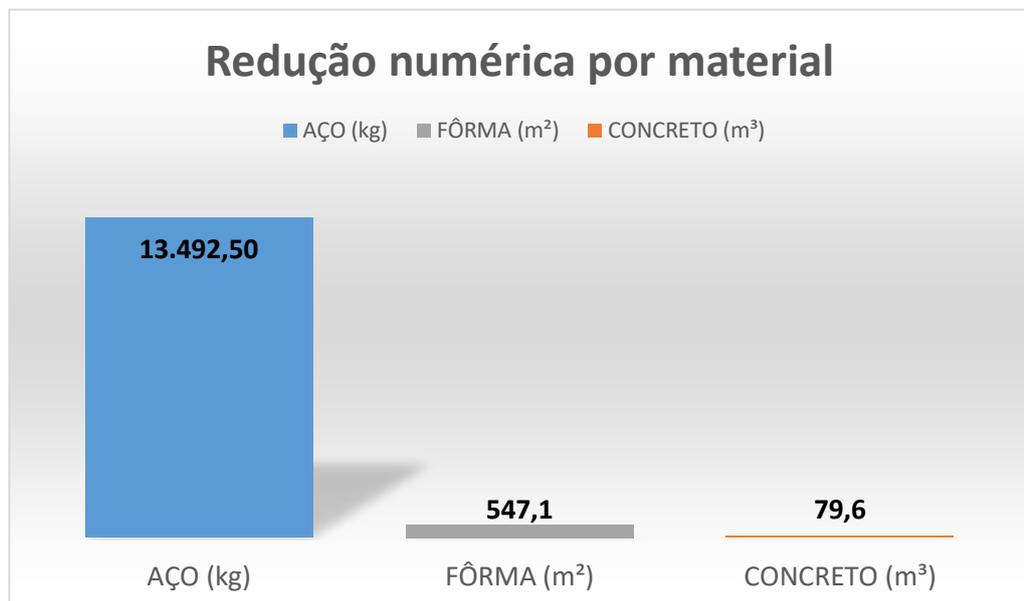
No gráfico 2 temos a representatividade das percentagens de redução dos materiais ao trocar as cargas de vedação internas por *drywall* na concepção 2 e no gráfico 3 a redução em valores numéricos.

Gráfico 2 – Percentagens de redução de materiais na concepção 2 (drywall)



Fonte: Autoria própria (2020)

Gráfico 3 – Quantitativo de redução de materiais na concepção 2 (drywall)



Fonte: Autoria própria (2020)

4.2. ANÁLISE DE CUSTOS

Nesta etapa serão apresentados os resultados com relação aos custos e comparativos entre as duas concepções estruturais, assente ao item 4 desse estudo serão quantificados os custos para os insumos da estrutura (aço, concreto e fôrma) e material e mão-de-obra para a execução das vedações dos pavimentos tipo do edifício, estes que tiveram suas vedações internas trocadas por *drywall*.

Para execução dos 15 pavimentos tipo do edifício são necessários aproximadamente 13.954 m² de vedação, sendo que 7.911 m² correspondem as vedações internas e 6.042 m² as vedações externas, salientando que somente as vedações internas serão substituídas por *drywall*, as externas serão mantidas em alvenaria. Logo

Logo 56% das vedações correspondem as internas e 44% as vedações externas, ao realizar o orçamento 56% das vedações serão quantificadas como *drywall* para a concepção 2.

O orçamento em questão foi realizado por meio da base de cálculo da tabela SINAPI (AGO,2020).

As tabelas 8 e 9 retratam o orçamento somente da estrutura para a concepção 1 e 2 respectivamente, e compõem dados como código, descrição, quantitativo e valor final para cada insumo e composição utilizado no cálculo.

Tabela 8 – Consumo e custo de insumos estrutura - Concepção 1 (Bloco Cerâmico)

Orçamento – Concepção 1 (Bloco Cerâmico)						
Código	Fonte	Descrição	Un.	Quant.	Unit.	Valor Total
00043059	SINAPI	AÇO CA 60 – 5,0mm	kg	31.310,5	5,19	R\$ 162.501,49
00000032	SINAPI	AÇO CA 50 – 6,3mm	kg	10.924,1	5,78	R\$ 63.141,29
00000033	SINAPI	AÇO CA 50 – 8,0mm	kg	16.246,8	5,82	R\$ 94.556,37
00000034	SINAPI	AÇO CA 50 – 10,0mm	kg	36.108,4	5,48	R\$ 197.874,03
00043055	SINAPI	AÇO CA 50 – 12,5mm	kg	38.016,3	4,75	R\$ 180.577,42
00043055	SINAPI	AÇO CA 50 – 16,0mm	kg	8.833,6	4,75	R\$ 41.959,6
00043056	SINAPI	AÇO CA 50 – 20,0mm	kg	5.174,8	5,47	R\$ 28.306,15
00043056	SINAPI	AÇO CA 50 – 25,0mm	kg	1.778,1	5,47	R\$ 9.726,20
CONCRETO USINADO						
00001527	SINAPI	(C25)	m ³	1902,9	319,84	R\$ 608.623,53

00001345	CHAPA MADEIRA					
	SINAPI	COMP. PLAST. E=18MM	m ²	22.018,8	21,43	R\$ 471.862.,88
(2 UTILIZAÇÕES)						
TOTAL						R\$ 1.859.129,0

Fonte: Autoria própria (2020)

Tabela 9 – Consumo e custo de insumos estrutura - Concepção 2 (Drywall)

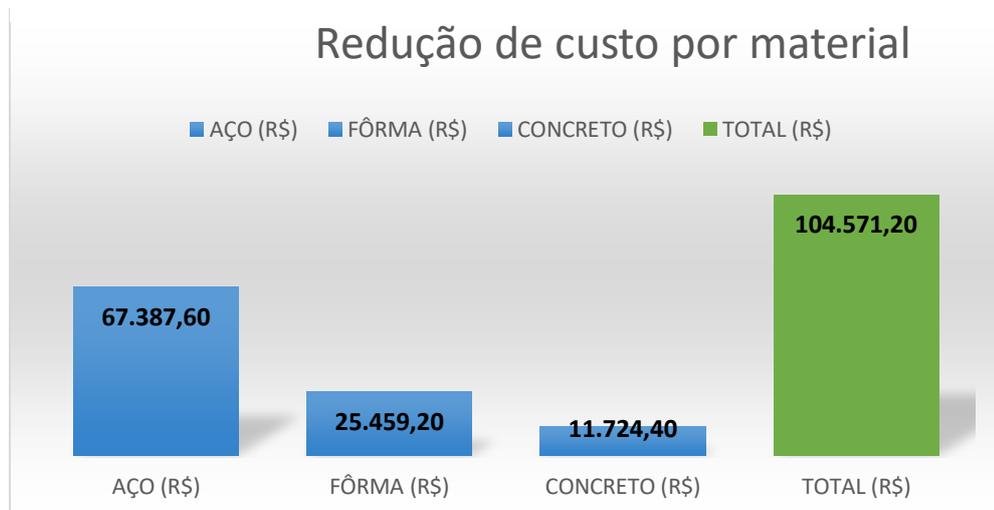
Orçamento – Concepção 1 (Bloco Cerâmico)						
Código	Fonte	Descrição	Un.	Quant.	Unit.	Valor Total
00043059	SINAPI	AÇO CA 60 – 5,0mm	kg	29.301,2	5,19	R\$ 152.073,2
00000032	SINAPI	AÇO CA 50 – 6,3mm	kg	10.750,5	5,78	R\$ 62.137,89
00000033	SINAPI	AÇO CA 50 – 8,0mm	kg	16.342,2	5,82	R\$ 95.111,6
00000034	SINAPI	AÇO CA 50 – 10,0mm	kg	35.027,7	5,48	R\$ 191.951,8
00043055	SINAPI	AÇO CA 50 – 12,5mm	kg	30.083,2	4,75	R\$ 142.895,2
00043055	SINAPI	AÇO CA 50 – 16,0mm	kg	8.593,1	4,75	R\$ 40.817,23
00043056	SINAPI	AÇO CA 50 – 20,0mm	kg	4.423,9	5,47	R\$ 24.198,73
00043056	SINAPI	AÇO CA 50 – 25,0mm	kg	378,3	5,47	R\$ 2.069,30
CONCRETO USINADO						
00001527	SINAPI	(C25)	m ³	1.823,3	319,84	R\$ 583.164,3
00001347	CHAPA MADEIRA					
	SINAPI	COMP. PLAST. E=18MM	m ²	21.471,7	21,43	R\$ 460.138,53
(2 UTILIZAÇÕES)						
TOTAL						R\$ 1.754.557,8

Fonte: Autoria própria (2020)

Observa-se que para a estrutura da concepção 2 (*Drywall*) houve redução no valor final para quase todos os itens do orçamento, resultando em uma economia de R\$ 104.571,20, tal redução embora pouca, reflete em uma economia nos insumos da estrutura (aço, concreto e fôrma) de aproximadamente 5,6%.

O gráfico 4 demonstra a redução em valor total dos custos para cada tipo de insumo da estrutura ao trocar as cargas de vedações internas para *drywall*.

Gráfico 5 – Redução de custo na estrutura da concepção 2 (drywall)



Fonte: Autoria própria (2020)

Para as vedações foi levantado toda a metragem quadrada de parede necessárias, internamente e externamente para os pavimentos tipo através do projeto arquitetônico. Além disso para as vedações internas a quais serão em *drywall* para a concepção 2, foi separado o quantitativo para ambientes molhados (cozinha, área de serviço e banheiros) os quais terão suas paredes de gesso acartonados compostas por chapas verdes resistentes a umidade (RU), enquanto que para as demais vedações em ambientes secos (quartos, suítes e salas) foram utilizadas as placas de gesso acartonado brancas do tipo Standart (ST) com o intuito de assimilar ao máximo com a execução a ser utilizado em um edifício.

As tabelas 10 e 11 compreendem respectivamente os custos com o uso da tabela SINAPI (AGO,2020) para as vedações da concepção 1 totalmente composta por alvenaria e para a concepção 2 com alvenaria externamente e *drywall* internamente. Salienta-se que há variação no preço entre placas de gesso do tipo branco (ST) e verde (RU), além de que o tipo de montante orçado foi o simples, suficiente para vencer o pé direito de 2,60m livre dos pavimentos tipos, bem como o uso de uma única chapa em cada lado da parede e sem o uso de lã de rocha para isolamento acústico.

A tabela 12 retrata o custo das vedações para a segunda concepção, contudo com o uso de lã de rocha para isolamento termoacústico.

Tabela 10 – Consumo e custo de vedação - Concepção 1 (Bloco cerâmico)

Orçamento – Concepção 1 (Bloco Cerâmico)						
Código	Fonte	Descrição	Un.	Quant.	Unit.	Valor Total
89043	SINAPI	ALVENARIA - BLOCO CERÂMICO 9X19X19	m ²	14.249,0	62,61	R\$ 892.129,89
TOTAL						R\$ 892.129,89

Fonte: Autoria própria (2020)

Tabela 11 – Consumo e custo de vedação sem lã - Concepção 2 (Drywall)

Orçamento – Concepção 2 (Drywall)						
Código	Fonte	Descrição	Un.	Quant.	Unit.	Valor Total
89043	SINAPI	ALVENARIA - BLOCO CERÂMICO 9X19X19	m ²	6215,0	62,61	R\$ 389.121,15
96359	SINAPI	PAREDE COM PLACAS DE GESSO ACARTONADO (ST)	m ²	4524,0	63,34	R\$ 286.550,16
Própria (96359 + 0039417)	SINAPI (adaptado)	PAREDE COM PLACAS DE GESSO ACARTONADO (RU)	m ²	3510,0	76,67	R\$ 269.111,7
TOTAL						R\$ 944.783,01

Fonte: Autoria própria (2020)

Tabela 12 – Consumo e custo de vedação com lã - Concepção 2 (Drywall)

Orçamento – Concepção 1 (Bloco Cerâmico)						
Código	Fonte	Descrição	Un.	Quant.	Unit.	Valor Total
96372	SINAPI	INSTALAÇÃO LÃ DE ROCHA PARA DRYWALL	m ²	8.034,0	22,41	R\$ 180.041,94
TOTAL DRYWALL COM LÃ DE ROCHA (TABELA 11 + TABELA 12)						R\$ 1.124.824,95

Fonte: Autoria própria (2020)

De acordo com as tabela acima nota-se que a vedação de placas de gesso acartonado com o uso de lã de rocha para aumento do desempenho termoacústico é mais onerosa, o mesmo vale para as placas de gesso acartonado sem o uso da lã, portanto analisando as vedações de forma isolada a alvenaria com uso de blocos cerâmicos possui o menor custo, com seu valor R\$ 52.653,12 mais barato que o *drywall* sem lã e R\$ 232.695,06 mais barato que o *drywall* com lã.

Afim de melhor retratar, a tabela 13 demonstra o valor do conjunto estrutura e vedação para os três casos: concepção 1 totalmente em bloco cerâmico, concepção 2 com *drywall* sem o uso da lã de rocha e concepção 2 com *drywall* com o uso da lã de rocha.

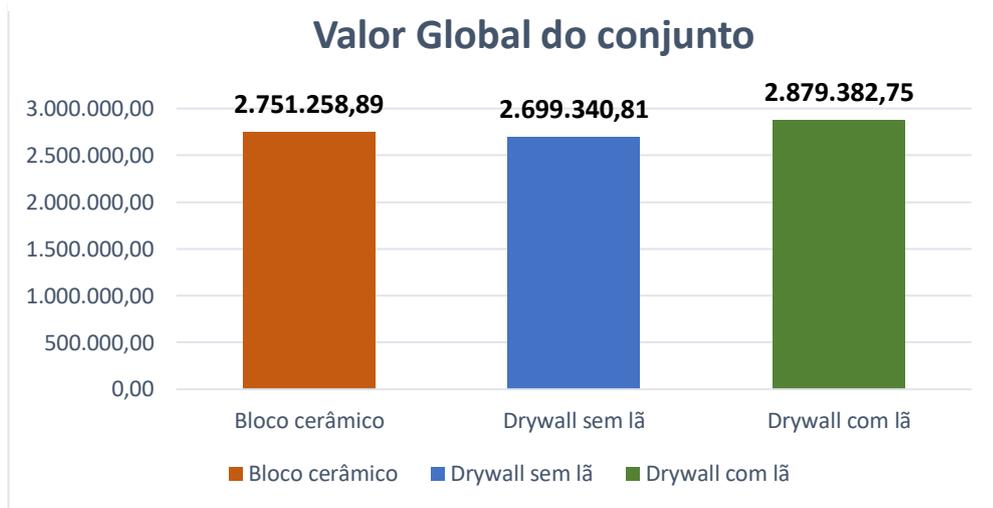
Tabela 13 – Custo do conjunto estrutura-vedação

	Concepção 1 (Bloco cerâmico)	Concepção 2 (sem lã)	Concepção 2 (com lã)
Custo estrutura (R\$)	1.859.129,0	1.754.557,8	1.754.557,8
Custo vedação (R\$)	892.129,89	944.783,01	1.124.824,95
Custo Total (R\$)	2.751.258,89	2.699.340,81	2.879.382,75

Fonte: Aatoria própria (2020)

A tabela retratou os custos para o conjunto estrutura-vedação, nota-se que entre os três valores aquele que apresenta menor custo é o da estrutura com uso de vedações internas em *drywall* sem a presença de lã de rocha, seguido pela estrutura com todas as vedações em *drywall* e por último e mais onerosa a estrutura com vedações internas em *drywall* com a presença de lã de rocha. O gráfico 5 demonstra o valor total do conjunto entre os três orçamentos considerando.

Houve uma redução de aproximadamente **1,9% (R\$ 51.918,08)** para o conjunto estrutura com uso de placas de gesso acartonado sem a presença de lã de rocha, e um aumento de aproximadamente **4,45% (R\$ 128.123,86)** ao se optar pelo uso de placas de gesso acartonado com a presença de lã de rocha.

Gráfico 7 – Valor global do conjunto estrutura-vedação

Fonte: Autoria própria (2020)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em síntese ao que foi apresentado nesse trabalho e em virtude dos fatos apresentados, constata-se que o método construtivo de vedação com a utilização de placas de gesso acartonado apresenta diversas vantagens estas que englobam características tais como: rápida execução, menor geração de resíduos, menores desperdícios, ganho de área útil pela menor espessura de parede, redução de volume de material a ser transportado ao canteiro e especialmente estudado a redução das cargas aplicadas na estrutura devido ao menor peso próprio do *drywall* em comparativo a vedação com blocos cerâmicos.

O estudo ocorreu por meio da análise dos impactos estruturais em um edifício de grande porte composto por 16 pavimentos, dimensionado e executado com a presença de alvenaria com blocos cerâmicos em todos os seus ambientes, todo o lançamento da estrutura e pré-dimensionamento dos elementos foram baseados no projeto realizado por meio das plantas de fôrmas disponibilizadas pela construtora e com o auxílio do software Eberick foram realizadas todas as análises e impactos na estrutura com a substituição das cargas de paredes para *drywall* nas vedações internas.

Diante disso observou-se um impacto significativo no carregamento do edifício esse que reduziu em cerca de 14,4% ao utilizar o *drywall* nas vedações internas, conseqüentemente os esforços nos elementos estruturais foram reduzidos possibilitando uma diminuição na armadura necessária bem como uma diminuição na sessão dos pilares constituintes do edifício, em valores numéricos foram obtidos uma redução de 9,1% para o aço, 4,18% para o concreto e 2,48% para as fôrmas, concomitantemente houve uma redução no coeficiente gama-Z do edifício de 1.22 no eixo X e 1.15 no eixo Y, para 1.19 no eixo X e 1.14 no eixo Y, portanto contribuindo para uma melhoria na estabilidade do edifício.

Com relação ao viés econômico a utilização do *drywall* como vedação interna possibilitou uma redução de 5,6% nos custos dos insumos da estrutura (aço, concreto e fôrmas) do edifício em questão, estes que foram orçados conforme base de dados SINAPI (AGO,2020).

Ao analisar a viabilidade econômica da utilização das placas de gesso acartonado, foram quantificados os custos para a execução desse tipo de vedação com e sem a presença da lã de rocha, bem como para a execução em alvenaria de blocos cerâmicos. Ao vincular estes custos com o valor dos insumos para as duas estruturas foi obtido uma redução de 1,9% para as placas de gesso acartonado sem lã e um aumento de 4,45% para as placas de gesso com a presença da lã, demonstrando que a execução da estrutura de um edifício bem como da vedação em *drywall* sem lã de rocha torna-se menos onerosa que a execução da alvenaria com blocos cerâmicos,

porém, em contrapartida, ao se optar por usar a lã de rocha para melhor desempenho termoacústico o conjunto estrutura-vedação torna-se mais onerosa.

Tendo em vista os aspectos observados, é viável a utilização do *drywall* como vedação interna de um edifício de múltiplos pavimentos, ainda que a redução no custo do conjunto estrutura-vedação seja mínima para a placa de gesso acartonado sem lã de rocha, esse sistema construtivo apresenta diversas vantagens já discutidas, contribuindo portanto para melhorias na execução do edifício que vão desde a alta produtividade de execução até menores desperdícios de materiais.

Salienta-se que há diversos estudos a respeito do desempenho acústico das placas de gesso acartonado sem lãs para isolamento acústico, vários destes demonstram que mesmo sem a lã o *drywall* apresenta um isolamento acústico semelhante ou levemente superior ao da alvenaria.

Como sugestões para trabalhos futuros:

- Utilizar um edifício com maior quantidade de pavimentos para a análise do impacto estrutural com possível melhoria na redução do custo final;
- Substituir a alvenaria de blocos cerâmicos aplicadas em todas as vedações externas para placas de gesso acartonado *ultrawall* fabricadas para fachadas ou painéis isotérmicos, mantendo o *drywall* para as internas e proceder a mesma análise aplicada nesse estudo;
- Analisar o tempo total de execução do edifício para o caso de vedações em alvenaria com blocos cerâmicos e em *drywall* afim de averiguar a redução em dias para a entrega da obra.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

_____. **NBR 14715** - Chapas de gesso acartonado – Requisitos. Rio de Janeiro, 2001.

_____. **NBR 14717** – Chapas de gesso acartonado: determinação das características físicas. Rio de Janeiro, 2001.

_____. **NBR 15217** – Perfis de aço para sistemas de gesso acartonado. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15270** – Componentes cerâmicos- Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 6120**: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 1980 e 2019

_____. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **NBR 15575-4**: Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 4 – Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15575-4**: Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 4 – Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas. Rio de Janeiro, 2013.

ABRAGESSO – Associação Brasileira dos Fabricantes de Blocos e Chapas de Gesso. www.drywall.org.br - Acessado em: outubro 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE DRYWALL. **Manual de Montagem de Sistemas Drywall**. 1 ed. São Paulo: Pini, 2004.

QISUPORTE. **Como enrijecer uma estrutura deslocável**. Disponível em: <https://suporte.altoqi.com.br/hc/pt-br/articles/115001189634-Como-enrijecer-uma-estrutura-deslocavel> - Acessado em: setembro de 2020.

BERNARDI, Vinicius Batista. **Análise do Método Construtivo de Vedação Vertical Interna em Drywall em Comparação com a Alvenaria**. 2014. 41 p. - Relatório de estágio - Universidade do Planando Catarinense, Lages (SC), 2014.

L.S.BRAGA, W.PEREIRA. **Análise do método construtivo de paredes internas em drywall em comparação com a alvenaria, na faculdade Faceg faculdade evangélica de Goianésia, na cidade de Goianésia - Goiás**. Goianésia-GO, 2017.

CARVALHO, R.C.; FILHO J. R. F. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado: Segundo a NBR 6118:2014**. Ed.4. EdUFSCAR, São Carlos, 2014.

CHINEM, Rodolpho Mendonça. **Avaliação da estabilidade global de edifícios**. UFG, Goiânia, 2010 .

COELHO Ana Zulmira Gomes; Torgal F.P.; JALALI S. **A Cal na Construção**. TecMinho. Lisboa: Publidisa, 2009.

SCADELAI, M.A.; PINHEIRO, L.M. **Estruturas de concreto armado – Capítulo 16** USP-EESC- Departamento de Engenharia de Estruturas, São Paulo, 2005.

FLEURY, Lucas Eira. **Análise das vedações verticais internas de drywall e alvenaria de blocos cerâmicos com estudo de caso comparativo**. Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas – FATECS, Brasília, p. 1-53, nov. 2014.

FLUXO CONSULTORIA. **Drywall: Vantagens e Desvantagens De Sua Utilização**. Disponível em: <https://fluxoconsultoria.poli.ufrj.br/blog/arquitetura-construcao/drywall-vantagens-e-desvantagens/>. Acessado em: setembro de 2020.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. Editora Atlas, 4ª ed. São Paulo, 2002.

GIONGO, J.S. **Concreto Armado: Projeto Estrutural de Edifícios**. Departamento de Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2007.

LAI, Luciano. **Verificação do custo-benefício do sistema drywall segundo a ABNT NBR 15575:2013**. Curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, p.1-91, set. 2016.

LEROY MERLIN. **Como colocar chapas de gesso (drywall)**. Disponível em: <http://www.leroymerlin.com.br/faca-voce-mesmo/como-colocar-chapas-de-gesso-drywall>>. Acessado em: outubro de 2019.

LIGHTSTEELFRAME. **Ultrawall - conheça a chamada evolução do Drywall**. Disponível em: lightsteelframe.eng.br/ultrawall/. Acessado em: setembro de 2020.

LIMA L. **Cidades sustentáveis reduzem impactos ambientais**. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Ministério do Meio Ambiente. Brasília, 2014. Disponível em: Acesso em: outubro de 2019.

MARINOSKI D. **Alvenarias: conceitos, alvenaria de vedação, processo executivo**. ARQ 5663 – Tecnologia da Edificação III. Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2011.

NASCIMENTO, Otávio Luiz. **Alvenarias**. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2002

NICOMENDES, G. **Planejamento e controle do processo de projeto para alvenarias em gesso acartonado, o drywall e seus sistemas complementares**. Rio de Janeiro, 2003.

PLACO. **Sistemas Placostil**. Manual de especificação e instalação. Saint – Gobain, 2013.

PLACO. **Drywall fora de casa.** Disponível em: <https://www.placo.com.br/blog/drywall-fora-de-casa>. Acessado em: setembro de 2020.

SABBATINI, F.H. **Notas de aula da disciplina de Tecnologia da Construção de Edifícios.** São Paulo: EPUSP-PCC, 2003.

SABBATINI, F.H. **O processo de produção das vedações leves de gesso acartonado.** In; I Seminário Tecnologia Gestão na Produção de Edifícios, Vedações Verticais, São Paulo; EPUSP, 1998. P. 21-48.

SILVA, F. B. da. **Revestimento de Gesso Projetado.** São Paulo, 2012. Revista Techne. Disponível em: Acesso em: outubro de 2019.

SOUZA H. de. **Alvenaria – Referência Histórica.** Faculdade de Engenharia. Universidade de Porto, 2002.

TAGLIABOIA, Luís Claudio. **Contribuição ao Estudo de Sistemas De Vedação Auto Portante.** Acesso em: outubro de 2019.

TANIGUTI, Eliana Kimie. **Método construtivo de vedação vertical de gesso acartonado.** São Paulo, 1999. Monografia apresentado ao curso de mestrado da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

TAVES, G. G. **Engenharia de custos aplicada a construção civil.** Rio de Janeiro, 2014.

THOMAZ E.; FILHO C.V.M.; CLETO F. da R.; CARDOSO F. F. **Código de obras nº 01 – Alvenaria de vedação em blocos cerâmicos.** IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, S.A. São Paulo, 2009.

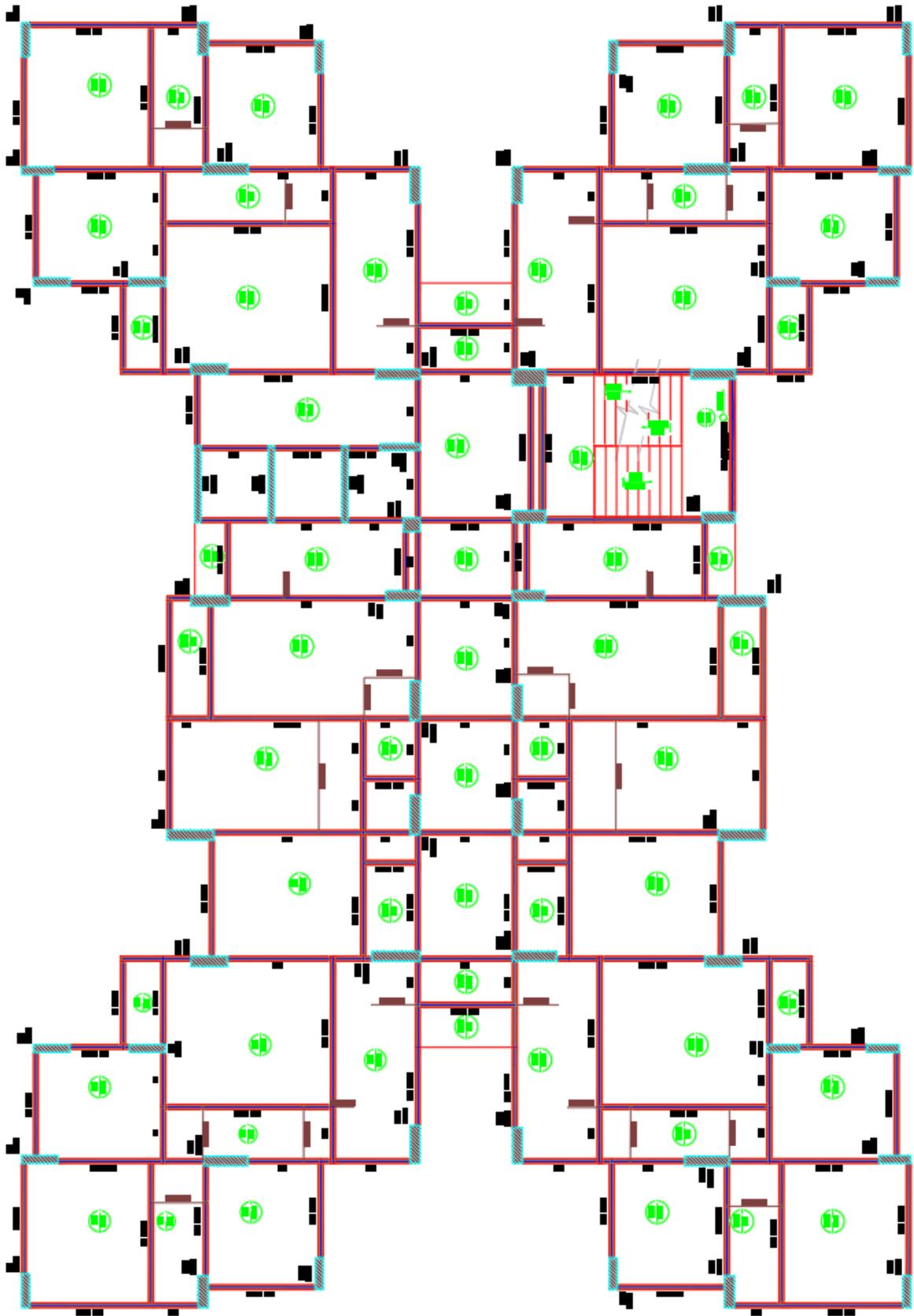
TISAKA, M. **Orçamento na construção civil: consultoria, projeto e execução.** São Paulo: Editora Pini, 2006

VIEIRA, Hélio Flavio. **Logística Aplicada à Construção Civil Como Melhorar o Fluxo de Produção nas Obras.** 2006. Editora Pini, 2006. Disponível em: Acesso em: outubro de 2019.

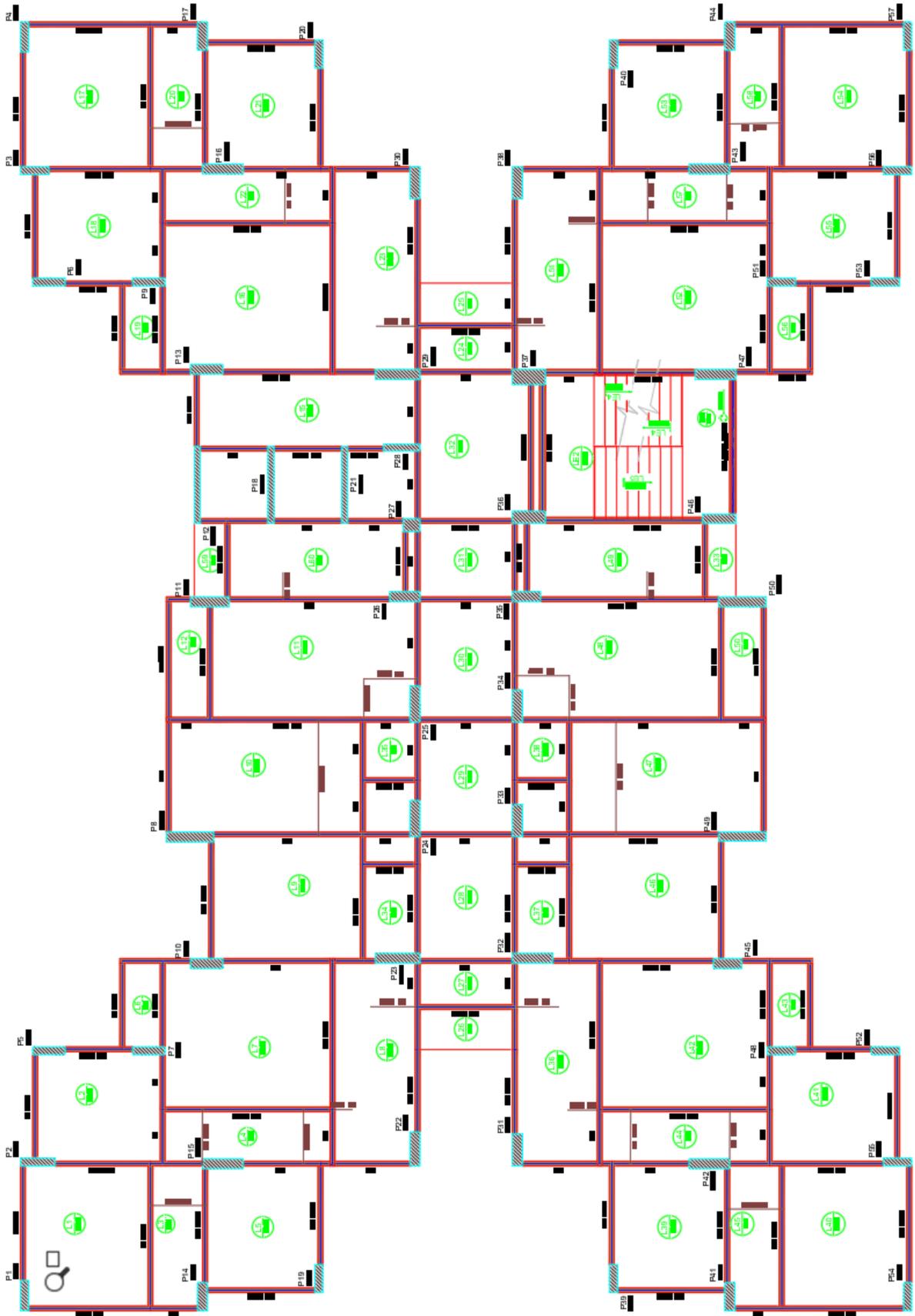
ZULIAN, C. S.; DONÁ E. C.; VARGAS C. L. **Alvenaria. Notas de Aula da Disciplina de Construção Civil.** Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa, 2002.

APÊNDICES

APÊNDICE A - PLANTA DE FORMA DO PAVIMENTO TIPO – CONCEPÇÃO 1 (BLOCO CERÂMICO)



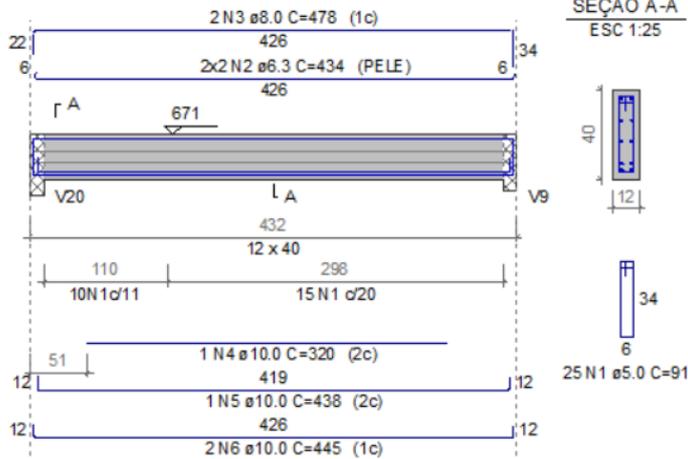
**APÊNDICE B - PLANTA DE FORMA DO PAVIMENTO TIPO – CONCEPÇÃO 2
(DRYWALL)**



**APÊNDICE C – DETALHAMENTO DE VIGA E PILAR EXEMPLO – CONCEPÇÃO
1 (BLOCO CERÂMICO)**

ED PEAKY BLINDERS TCC 2
Pavimento Tipo 1

V63
ESC 1:50



RELAÇÃO DO AÇO

V63

AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	25	91	2275
CA50	2	6.3	4	434	1736
	3	8.0	2	478	956
	4	10.0	1	320	320
	5	10.0	1	438	438
	6	10.0	2	445	890

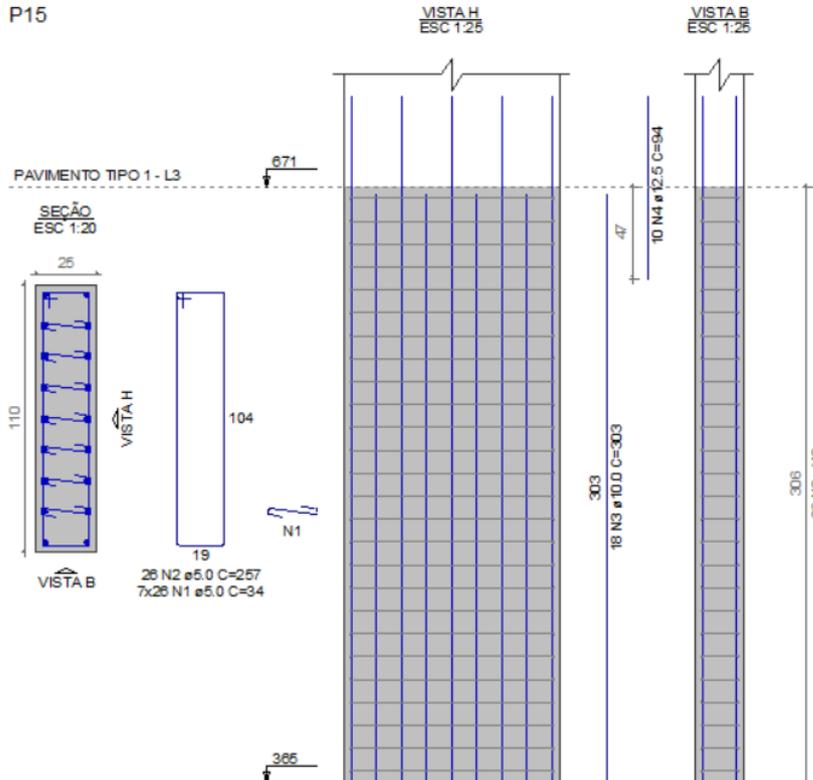
RESUMO DO AÇO

AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	PESO + 10% (kg)
CA50	6.3	17.4	4.7
	8.0	9.6	4.1
CA60	10.0	16.5	11.2
	5.0	22.8	3.9

PESO TOTAL (kg)	
CA50	20
CA60	3.9

Volume de concreto (C-25) = 0.21 m³
Área de forma = 3.97 m²

ED PEAKY BLINDERS TCC 2
P15



RELAÇÃO DO AÇO

P15

AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	182	34	6188
	2	5.0	26	257	6682
CA50	3	10.0	18	303	5454
	4	12.5	10	94	940

RESUMO DO AÇO

AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	PESO + 10% (kg)
CA50	10.0	54.5	37
	12.5	9.4	10
CA60	5.0	128.7	21.8

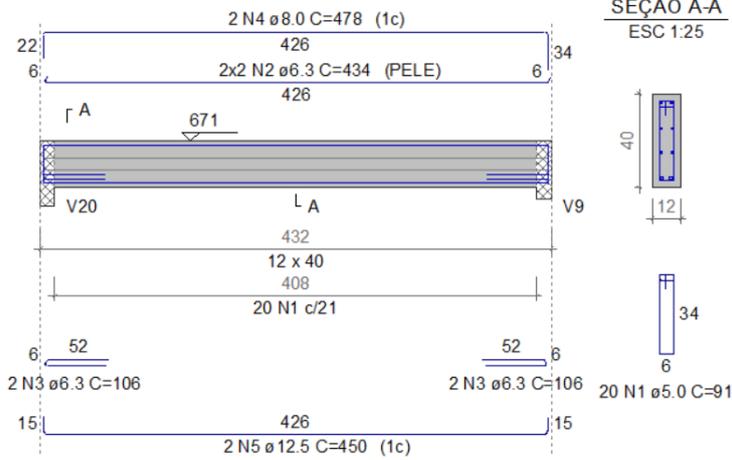
PESO TOTAL (kg)	
CA50	48.9
CA60	21.8

Volume de concreto (C-25) = 0.84 m³
Área de forma = 8.28 m²

**APÊNDICE D – DETALHAMENTO DE VIGA E PILAR EXEMPLO – CONCEPÇÃO
2 (DRYWALL)**

ED PEAKY BLINDERS TCC 2
Pavimento Tipo 1

V63
ESC 1:50



RELAÇÃO DO AÇO
V63

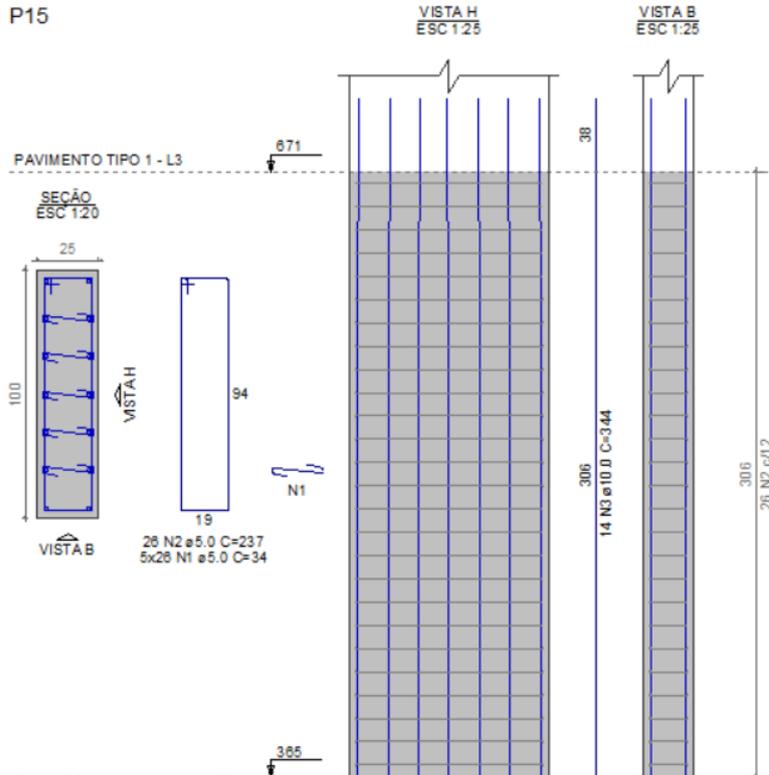
AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	20	91	1820
CA50	2	6.3	4	434	1736
	3	6.3	4	106	424
	4	8.0	2	478	956
	5	12.5	2	450	900

RESUMO DO AÇO

AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	PESO + 10% (kg)
CA50	6.3	21.6	5.8
	8.0	9.6	4.1
	12.5	9	9.5
CA60	5.0	18.2	3.1
PESO TOTAL (kg)			
CA50		19.5	
CA60		3.1	

Volume de concreto (C-25) = 0.21 m³
Área de forma = 3.97 m²

ED PEAKY BLINDERS TCC 2
P15



RELAÇÃO DO AÇO

P15

AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	130	34	4420
	2	5.0	26	237	6162
CA50	3	10.0	14	344	4816

RESUMO DO AÇO

AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	PESO + 10% (kg)
CA50	10.0	48.2	32.7
CA60	5.0	105.8	17.9
PESO TOTAL (kg)			
CA50		32.7	
CA60		17.9	

Volume de concreto (C-25) = 0.77 m³
Área de forma = 7.85 m²