



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA
ROBSON PERON

**VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DE BLOCO CELULAR AUTOCLAVADO
ASSENTADO COM ARGAMASSA POLIMÉRICA COMO VEDAÇÃO DE
UNIDADES RESIDENCIAIS MULTIFAMILIARES: UM ESTUDO DE CASO
COMPARATIVO**

Tubarão
2018



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA
ROBSON PERON

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA USO DE BLOCO CELULAR
AUTOCLAVADO ASSENTADO COM ARGAMASSA POLIMÉRICA COMO
VEDAÇÃO DE UNIDADES RESIDENCIAIS MULTIFAMILIARES: UM ESTUDO
DE CASO COMPARATIVO**

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

Prof. Eng. Charles Mendes de Souza (Orientador)

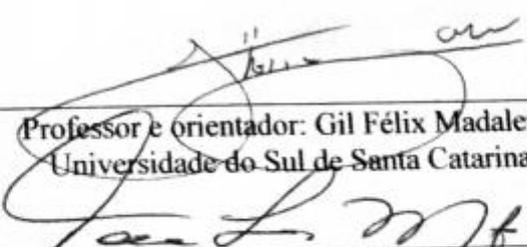
Tubarão

2018

ROBSON PERON

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA USO DE BLOCO CELULAR
AUTOCLAVADO ASSENTADO COM ARGAMASSA POLIMÉRICA COMO
VEDAÇÃO DE UNIDADES RESIDENCIAIS MULTIFAMILIARES: UM ESTUDO
DE CASO COMPARATIVO**

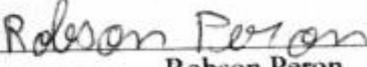
Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Bacharel em Engenharia e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina.



Professor e orientador: Gil Félix Madalena
Universidade do Sul de Santa Catarina



Engenheiro Civil Tadeu Luis Mariot



Robson Peron
Universidade do Sul de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

A meus pais, por terem me ajudado a superar as dificuldades que enfrentamos durante o semestre, na realização do Trabalho de Conclusão de Curso.

À Universidade do Sul de Santa Catarina – Unisul –, seu corpo docente, direção e administração, que oportunizaram o vislumbre de um novo horizonte, baseados na confiança do mérito e ética aqui presentes.

Ao meu orientador, Charles Mendes de Souza, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelo incentivo, pelas correções e por todo o entusiasmo, acreditando no nosso trabalho.

A minha namorada, que me acompanhou desde o princípio, nunca deixando de acreditar que este momento chegaria.

E a todos que direta ou indiretamente estiverem conosco, acompanhando a nossa formação, o nosso muito obrigado.

“É melhor acender uma vela do que amaldiçoar a escuridão” (Carl Sagan).

RESUMO

Nos últimos anos a construção civil brasileira tem passado por uma recessão. Tendo isso em vista, a procura de novas tecnologias, com processos mais ágeis e custo menor, nesse ramo, tem ganhado cada vez mais força. O intuito deste estudo realizado será reduzir prazo e custo das obras. O bloco de concreto celular autoclavado já está no mercado há anos, sendo muito utilizado em outros países, mas no mercado brasileiro ele se restringe comumente ao uso onde a norma exige, como no estado de Santa Catarina, onde o Corpo de Bombeiros Militar solicita para determinadas áreas um bloco com maior resistência ao fogo. O objetivo deste estudo foi analisar e comparar o sistema de alvenaria convencional com o sistema de bloco de concreto celular autoclavado (BCCA) aliado ao uso de argamassa polimérica para assentamento. Para isso, foi feito um comparativo de um edifício residencial multifamiliar, onde foi usado tijolo cerâmico vazado, chapisco e emboço, e foi mudado para vedação de bloco concreto celular autoclavado com assentamento de argamassa polimérica, chapisco e emboço. Por meio de cálculos buscou-se identificar as decorrências econômicas do bloco de concreto celular autoclavado e se se torna viável seu uso em obras. Este novo modelo de sistema construtivo obteve sucesso no intuito de proporcionar uma nova visão de mercado, possibilitando obras de menor custo se comparadas ao sistema convencional, sendo construídas com maior agilidade e ainda proporcionando maior qualidade ao imóvel, tendo em vista as características que o bloco de concreto celular autoclavado com argamassa polimérica proporcionará, como maior resistência térmica, acústica e de produtividade, redução de materiais utilizados e uma redução significativa no peso total da obra.

Palavras-chave: Bloco de concreto celular. Tijolo. Vedação.

ABSTRACT

The last years before the Brazilian civil label have gone through a recession, in view of new technologies, with more agile and smaller processes, in which each one has gained more and less costs. The objective will be a short time of work and lower cost. The autoclaved cellular concrete block has been on the market for years, being widely used in other countries, but there is no Brazilian market for it, restricted to the use of a required standard, such as in the state of Santa Catarina, in which the Military Bomber Corps requests to end areas a block with greater resistance to fire. The objective of this paper is compare conventional comparative, with the autoclaved cellular autochthonous block system (BCCA) was published using the polymer mortar for settlement. For this, a comparison was made of a multifamily residential building, where empty ceramic bricks, plasterboard, plaster were used to seal autoclaved blocks with polymer mortar, mortar and plaster. By means of calculations, the economics of the autoclaved cellular concrete block were identified as a consequence, and its use in works is viable. This new model of constructive system was successful in order to offer a new market vision, allowing the acquisition of works of lower cost compared to conventional system, being built with greater agility and quality, autoclaved cellular concrete with polymer mortar will provide, as a larger thermal, acoustic and productivity resistance, reduction of materials used and a significant reduction without total weight of the work.

Keywords: Concrete block. Brick. Sealing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Bloco celular autoclavado	20
Figura 2 – Bloco cerâmico.....	22
Figura 3 – Armazenagem de material.....	26
Figura 4 – Argamassa polimérica para alvenaria de vedação	30
Figura 5 – Aplicação da argamassa polimérica	31
Figura 6 – Planta baixa pavimento tipo	35
Figura 7 – Planta baixa térreo.....	36
Figura 8 – Planta baixa da cobertura	37
Figura 9 – Planta baixa do primeiro pavimento	38
Figura 10 – Tijolo cerâmico	39
Figura 11 – Bloco de concreto celular.....	40
Figura 12 – Vedação em alvenaria tradicional	50
Figura 13 – Vedação com BCCA e argamassa polimérica	51
Figura 14 – Disposição dos tijolos em um metro quadrado	54
Figura 15 – Disposição dos blocos em um metro quadrado.....	55
Figura 16 – Disposição dos blocos de BCCA em um metro quadrado	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos de vedação.....	23
Tabela 2 – Cálculo de peso das paredes com tijolo convencional.....	41
Tabela 3 – Cálculo de peso das paredes com BCCA	43
Tabela 4 – Cálculo de peso das paredes com tijolo convencional.....	45
Tabela 5 – Cálculo de peso das paredes com BCCA	46
Tabela 6 – Cálculo de peso das paredes com tijolo convencional.....	47
Tabela 7 – Cálculo de peso das paredes com BCCA	48
Tabela 8 – Cálculo de peso das paredes com BCCA	49
Tabela 9 – Cálculo de área de parede	52
Tabela 10 – Cálculo de áreas das esquadrias.....	53
Tabela 11 – Cálculo de área total de parede	53
Tabela 12 – Estimativa de produtividade	57
Tabela 13 – Cálculo de custo de mão de obra	57
Tabela 14 – Cálculo de custo de tijolo e BCCA.....	58
Tabela 15 – Cálculo de custo das argamassas	58
Tabela 16 – Cálculo total das alvenarias	59

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Comparativo de pesos entre os sistemas construtivos.....	60
Gráfico 2 – Comparativo de preços das alvenarias	61
Gráfico 3 – Comparativo de argamassas	62
Gráfico 4 – Custo da obra.....	63

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	JUSTIFICATIVA E PROBLEMA	13
1.2	OBJETIVOS	14
1.2.1	Objetivo geral	14
1.2.1.1	Objetivos específicos.....	14
1.3	RELEVÂNCIA CIENTÍFICA E SOCIAL DO ESTUDO	14
2	REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1	A CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL.....	16
2.1.1	Vedação vertical	17
2.1.2	Conforto térmico	18
2.2	BLOCO DE CONCRETO CELULAR AUTOCLAVADO (BCCA)	18
2.2.1	Definição.....	19
2.2.2	Propriedades características	20
2.2.3	Conforto térmico	21
2.3	BLOCO CERÂMICO	21
2.3.1	Definição.....	21
2.3.2	Resistência mecânica.....	22
2.3.3	Desperdício.....	24
2.3.4	Conforto térmico	24
2.4	ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO.....	24
2.4.1	Definição.....	25
2.5	CIMENTO PORTLAND	25
2.6	AGREGADOS.....	26
2.6.1	Areia	26
2.6.2	Cal hidratada.....	27
2.7	ADITIVOS.....	27
2.8	ARGAMASSA CONVENCIONAL.....	28
2.9	ARGAMASSA POLIMÉRICA	28
2.9.1	História.....	28
2.9.2	Polímeros.....	29
2.9.3	Características	29

3	METODOLOGIA DA PESQUISA	32
3.1	IMPORTÂNCIA DA PESQUISA	32
3.2	A PESQUISA REALIZADA.....	32
3.3	O PROCESSO E PLANEJAMENTO	33
3.4	O EMPREENDIMENTO.....	34
3.5	LEVANTAMENTO DE PESO DAS ALVENARIAS.....	39
3.5.1	Paredes do pavimento tipo	40
3.5.2	Paredes do pavimento térreo.....	44
3.5.3	Paredes do primeiro pavimento	46
3.5.4	Paredes da cobertura e reservatório.....	48
3.6	LEVANTAMENTO DO CONSUMO DE MATERIAIS E CUSTOS.....	49
4	ANÁLISE DE DADOS E DISCUSSÃO DE RESULTADOS	60
5	CONCLUSÃO	64
6	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	64
	REFERÊNCIAS	67
	APÊNDICES	72
	ANEXOS	77

1 INTRODUÇÃO

Este estudo tem como tema central a comparação de dois sistemas construtivos de vedação: o de bloco celular assentado com argamassa polimérica e o de bloco cerâmico comum assentado com argamassa em edificações multifamiliares.

Este trabalho tem como foco as novas metodologias do mercado para a utilização de bloco celular e argamassa polimérica, o impacto econômico e produtivo em obra e suas vantagens em relação ao seu peso próprio, pois as construções em concreto armado estão entre os métodos construtivos mais utilizados no país, mostrando assim a importância de pesquisas e estudos relacionados a essa área.

1.1 JUSTIFICATIVA E PROBLEMA

O Brasil nos últimos anos tem passado por uma série de crises financeiras. Tais crises vêm influenciando diretamente a construção civil do país. Como o custo de operação tem se tornado elevado, aliado aos cortes de incentivos governamentais destinados à execução de obras, isso tem levado as construtoras a buscar novas alternativas de gestão e construção para tentar minimizar os gastos excessivos.

O bloco celular assentado com argamassa polimérica em substituição à alvenaria de bloco cerâmico assentado de forma convencional na vedação é uma alternativa para reduzir gastos na execução de uma obra. Além de velocidade na produção, gera uma característica redução de peso no edifício todo, resultando em uma estrutura mais leve e barata.

Portanto, o objetivo deste trabalho é, se possível, encontrar um processo visando à redução de gastos financeiros com a execução da alvenaria de vedação, além da geração de resíduos, procurando assim tornar os novos projetos ao alcance de pequenos investidores e também contribuir para a conservação do meio ambiente.

Deste modo, abordou-se como questão central deste estudo **quais as decorrências econômicas e sustentáveis geradas pela implantação de bloco celular assentado com argamassa polimérica de vedação em substituição à alvenaria convencional em estudo realizado em Tubarão/SC no ano de 2018.**

1.2 OBJETIVOS

Os objetivos deste estudo foram definidos de modo que possamos solucionar o problema proposto. Assim, para solução do problema, nos centraremos em pontos específicos para obter as conclusões necessárias.

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar as vantagens econômicas e sustentáveis geradas pela implantação de bloco celular assentado com argamassa polimérica como vedação em substituição à alvenaria convencional.

1.2.1.1 Objetivos específicos

- a) Elaborar uma pesquisa bibliográfica sobre os blocos celulares autoclavados e cerâmicos, a partir de artigos, livros, trabalhos acadêmicos e NBRs relacionados;
- b) Elaborar uma pesquisa bibliográfica sobre a argamassa de assentamento convencional e a argamassa polimérica para assentamento de vedações, a partir de artigos, livros, trabalhos acadêmicos e NBRs relacionados;
- c) Comparar a produtividade dos dois métodos de vedação;
- d) Comparar os gastos financeiros dos dois métodos de vedação;
- e) Avaliar as diferenças de carregamentos verticais entre os dois métodos;
- f) Avaliar os custos de implantação da alvenaria com blocos de concreto celular autoclavado.

1.3 RELEVÂNCIA CIENTÍFICA E SOCIAL DO ESTUDO

Este estudo tem o objetivo de apresentar um método de execução de alvenaria de vedação diferente da alvenaria tradicional, aprimorando o método construtivo de vedações verticais pelo uso de materiais que apresentam características gerais superiores aos materiais já usados.

A construção de edifícios dispõe de tecnologias já sedimentadas, desenvolvidas ao longo do tempo e de forma quase sempre empírica. Estas tecnologias variam de um local para outro, e por serem o resultado de tradições construtivas regionalizadas, recebem a denominação genérica de tecnologia tradicional e são restritas a um dado local (SABBATINI, 1989, p. 77).

Nos conceitos de Sabbatini (1989), a racionalização da construção prevê ações praticadas com o intuito de tornar a atividade construtiva racional. No entanto, tornar racional uma atividade construtiva pode não ter apenas uma resposta, tendo assim a racionalização de uma atividade várias soluções, e assim também um problema de otimização.

Procurou-se então avaliar qual método possui a melhor produtividade, a menor geração de resíduos, menor gasto financeiro e a melhor qualidade no produto final. Visando assim à otimização do processo construtivo de vedações verticais, acreditamos que a importância da inovação no mercado de trabalho e a implantação de novas técnicas e materiais são fundamentais para a evolução social.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo desenvolve-se sobre o bloco celular, tijolo de cerâmica comum e as argamassas de assentamento, e sua proposta é de apresentar as divergências e convergências de outros autores sobre este tema. O foco do texto caracteriza-se em mostrar os temas mais relevantes nas literaturas disponíveis na internet.

2.1 A CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL

A construção civil é uma das maiores indústrias globais. No Brasil a construção civil e obras de infraestrutura são uma das propagandas políticas mais utilizadas para enfatizar o crescimento econômico do país. Isto pode ser observado desde a década de 50, com o governo de Juscelino Kubitschek e a implantação do plano de metas, quando uma das maiores atividades industriais passou a ser a construção civil.

Como aponta Cunha (2012, p. 14):

O Plano de Metas, que surgiu em meados da década de 50, impulsionou a construção civil, pois a enorme demanda criada pelo governo federal fez com que o número de pessoas empregadas no setor e o número de empresas de construção crescessem vertiginosamente. Projetos nas áreas energética, siderúrgica, petrolífera e de transportes se multiplicaram, garantindo o crescimento e o desenvolvimento do setor.

Para Knackfuss (2010), a estrutura do setor da construção permite que ele seja considerado de relevante importância econômica e alcance *status* de setor-chave em muitos planos de governo e programas de promoção da atividade econômica ao longo das últimas décadas.

Assim como comenta Cunha (2012), foi importante o lançamento do Plano de Aceleração do Crescimento (PAC) pelo governo federal no fim da primeira década dos anos 2000. Este programa envolvia uma série de investimentos que chegavam a R\$ 500 bilhões nas áreas de saneamento, transporte, energia, recursos hídricos e habitação. No âmbito de moradias, o governo pretendia acelerar as construções e ampliar os números de unidades nos municípios.

Portanto, a construção civil se destaca como setor relevante da economia brasileira. Concordam Vieira e Kauffmann (2014) que a indústria da construção civil é um dos setores mais importantes para a economia. O desenvolvimento e a capacidade de produção do país estão relacionados diretamente com o crescimento desse setor.

No entanto, a crise econômica mundial de 2008, que posteriormente afetou o Brasil, impactou diretamente a construção civil brasileira de forma agressiva, a ponto de levar à falência diversas empresas do ramo. Com a exigência dos clientes e consumidores aliada aos

problemas econômicos vividos pelo país desde então, o setor da construção civil está sendo pressionado a inovar.

De acordo com Costa et al. (2014, p. 12),

competitividade torna-se um desafio diante das características do setor da construção civil, que é conhecido pelo elevado desperdício de materiais, de tempo da mão de obra e pela falta de planejamento e controle no processo construtivo como um todo.

Para isso a importância de inovar no segmento da construção civil mostra-se necessária, não apenas para a redução de gastos frente aos problemas econômicos, mas também porque as empresas com características inovadoras se tornam mais competitivas no mercado atuante.

Para Rodrigues (2012), o bloco de concreto celular ainda não é difundido pelo fato de não existir produção em larga escala. Apenas nos estados de Minas Gerais e Santa Catarina existe produção em escala.

2.1.1 Vedação vertical

As vedações são paredes com o intuito de dividir os ambientes internos e externos de uma edificação. Em estruturas de concreto armado as vedações não possuem função estrutural, suportando apenas seu peso próprio e do revestimento; já em alvenaria estrutural, além das funções primárias de vedação, elas também têm fator estrutural, dispensando o uso do concreto armado. Há diversos componentes para utilização em vedação, tais como blocos de concreto, blocos de concreto celular, blocos cerâmicos, painéis pré-moldados, madeira, entre outros.

A norma técnica NBR 15.575:2013, de desempenho habitacional, em suas partes indica a quais requisitos uma vedação deve atender para garantir conforto, comodidade e segurança ao usuário. “A alvenaria de vedação é constituída por blocos ou tijolos unidos por juntas de argamassa. Espera-se de uma parede de vedação critérios específicos de segurança, de durabilidade, de resistência ao fogo, de conforto térmico e acústico e de estanqueidade” (TRAMONTIN, 2005).

Consoante a norma técnica NBR 15.575-4, tem-se que um sistema de vedação vertical interno e externo (SVVIE) não atende mais aos requisitos de desempenho quando

o SVVIE não mais satisfaz os critérios de desempenho relativos à segurança, ou seja, é o momento a partir do qual ocorre perigoso rebaixamento dos níveis de segurança, com risco de colapso ou ruína do SVVIE. A ruína pode ser caracterizada pela ruptura, pela perda de estabilidade, por deformações ou fissuração excessivas.

Estado de solicitação do SVVIE a partir do qual começa a ser prejudicada a funcionalidade, a utilização e/ou a durabilidade do sistema, configurando-se, em geral, pela presença de deslocamentos acima de limites pré-estabelecidos, aparecimento de fissuras e outras falhas.

Descolamento: perda de aderência entre o componente de acabamento e sua respectiva base (ABNT, 2008, p. 3).

2.1.2 Conforto térmico

Destaca Rotta (2009) que o conceito de conforto térmico aplicado a um ambiente baseia-se no princípio de que as trocas de temperatura entre o homem e o ambiente proporcionem um estado de bem-estar. Por isso, em uma edificação as vedações verticais, janelas e portas são fatores contribuintes para a comodidade térmica do indivíduo.

Para Menezes (2006) o conforto térmico envolve variáveis pessoais que tornam esse ponto subjetivo. Portanto, pode-se analisar o conforto térmico de duas maneiras diferentes: podemos tratá-lo de forma pessoal ou física. Do ponto de vista pessoal, tratamos conforto térmico como uma condição mental que expresse satisfação com o ambiente térmico. Do ponto de vista físico, tem-se que um ambiente confortável é quando permite a manutenção das temperaturas sem a necessidade de serem adicionados mecanismos termorreguladores (que controlam o calor e o frio).

Deste modo, para o conforto térmico de uma edificação, ela não deve alterar sua temperatura interna de modo repentino nem acompanhar as temperaturas exteriores, de modo que quando faça calor o ambiente interno tenha uma temperatura abaixo da temperatura externa, e quando faça frio o ambiente interno tenha uma temperatura superior à externa, para que assim o indivíduo tenha conforto em seu ambiente de trabalho, visita ou moradia.

2.2 BLOCO DE CONCRETO CELULAR AUTOCLAVADO (BCCA)

O bloco celular autoclavado ainda não apresenta grande participação no mercado brasileiro, porque poucas empresas fabricam, e as que fabricam começaram a trabalhar com esse material há relativamente pouco tempo se comparado ao tijolo, devido ao nível, controle e qualidade exigidos na sua produção. Atualmente ele é muito utilizado na vedação de escadarias e volumes de caixa d'água por ser um material que atende às especificações do Corpo de Bombeiros de Santa Catarina.

A região sul de Santa Catarina é privilegiada por ter duas grandes empresas que fabricam o BCCA, proporcionando maior comodidade de entrega e preços mais competitivos, bem como viabilizando seu uso em grande escala.

2.2.1 Definição

O concreto celular autoclavado é formado pela mistura de materiais básicos como água, areia, cimento, cal e pó de alumínio como agente expensor. O aditivo expensor tem o intuito de criar um efeito de fermentação do concreto, produzindo bolhas de ar esféricas e não interligadas, e assim aumentando o seu volume. O concreto pode ser já despejado em moldes dos próprios blocos ou pode-se esperar ele atingir seu volume final e cortá-lo nos tamanhos desejados. Após o concreto celular atingir seu volume final, ele é colocado em uma autoclave para curar.

Na autoclave é usado vapor em alta pressão e temperatura para acelerar a hidratação do concreto. É esse processo que fornece ao concreto celular sua resistência à compressão. A NBR 13.438 (ABNT, 2013) propõe a seguinte definição para o concreto celular:

Concreto leve, obtido através de um processo industrial, constituído por materiais calcários (cimento, cal ou ambos) e materiais ricos em sílica, granulados finamente. Esta mistura é expandida através da utilização de produtos formadores de gases, água e aditivo, se for o caso, sendo submetidos a pressão e temperatura através de vapor saturado. O concreto celular autoclavado contém células fechadas, aeradas e uniformemente distribuídas (ABNT, 2013, p. 1).

A norma técnica também categoriza os blocos de concreto celular autoclavado (BCCA) como

componentes de edificação, maciços, com função estrutural ou não, utilizados principalmente para a construção de paredes internas e externas e para preenchimentos de lajes (ABNT, 2013, p. 1).

“Os blocos de CCA devem apresentar a forma de um paralelepípedo retangular. Os blocos de CCA não devem apresentar defeitos sistemáticos, como trincas, quebras e superfícies irregulares” (ABNT, 2013, p. 1). Vide Figura 1.

Figura 1 – Bloco celular autoclavado



Fonte: Leroy Merlin, 2018, p. 1.

Os blocos de concreto celular têm características de forma e cor conforme mostrado acima. As dimensões mínimas exigidas pela NBR 13.438 (ABNT, 2013) são de 75 mm de espessura, 200 mm de altura e 200 mm de comprimento.

2.2.2 Propriedades características

A principal característica do bloco de concreto celular autoclavado é sua densidade, pois esta influencia diretamente na maior parte de suas propriedades. Para Mota (2001), a resistência à compressão diminui com a baixa densidade, enquanto que a condutividade térmica tende a diminuir com a baixa densidade.

Como o processo de produção influencia diretamente em sua densidade final, já que conforme o tipo de dosagem da matéria-prima pode-se obter diversas densidades diferentes, a mesma autora, Mota (2001), apresenta uma densidade média de 550 kg/m³ para o BCCA.

De acordo com a NBR 13.440 (ABNT, 2013), para uma densidade de 550 kg/m³ a resistência mínima à compressão deve ser de 2,5 MPa.

Destaca Mota (2001) que os blocos de concreto autoclavado (BCCA) possuem baixa condutividade térmica, principalmente devido à densidade determinada pelos poros da estrutura interna. Assim, deve haver certos cuidados com esse tipo de material, principalmente na armazenagem, pois a existência de água nesses poros preenchidos com ar tende a aumentar a condutividade térmica, pelo fato de a água ter maior condutividade térmica que o ar.

2.2.3 Conforto térmico

O BCCA apresenta uma transmitância térmica de aproximadamente $1,22 \text{ W/m}^2\text{K}$, de acordo com Marinoski (2015), podendo variar de acordo com a sua densidade. Assim, a transmitância térmica está relacionada à porosidade do material, pois o ar em estado de inércia apresenta boa capacidade de isolamento térmico, e as partículas de alumínio refletem as radiações solares que incidem sobre ele durante o dia.

Esses fatores contribuem para um maior conforto térmico nos interiores dos edifícios, mantendo as temperaturas mais estáveis. Estes fatos contribuem também quando o ambiente possui algum tipo de termorregulador, pois o gasto energético do equipamento será menor quando as temperaturas externas tiverem menos influência na temperatura interna.

2.3 BLOCO CERÂMICO

Nesta seção discute-se sobre o material mais usado em vedações verticais no Brasil. No estado de Santa Catarina existem diversas olarias de produção de artefatos cerâmicos, provendo grande disponibilidade do material no mercado, tendo assim uma flexibilidade de compra e preços baixos.

2.3.1 Definição

O bloco cerâmico, popularmente conhecido por tijolo, é um dos materiais para utilização de vedação em estruturas em concreto armado. Segundo Franco (1998), a utilização da alvenaria como principal material de construção tem acompanhado o homem durante toda a sua história.

De acordo com Pereira (2018), o bloco cerâmico atualmente é o mais utilizado para vedações verticais no Brasil devido à não necessidade de mão de obra especializada. De acordo com a NBR 15.270-3 (ABNT, 2017, p. 4), o bloco cerâmico destaca-se como: “**Bloco/tijolo de vedação:** Componente da alvenaria que não participa da estrutura, que possui furos ou vazados prismáticos perpendiculares às faces que os contêm.”

O bloco cerâmico destaca-se em popularidade por atender eficientemente a sua proposta e possuir fácil acesso. Como destaca a autora Andrade (2002), os blocos cerâmicos são componentes de alvenaria obtidos a partir de argilas queimadas a 900°C , apresentando características físicas, mecânicas e de durabilidade que os tornam um dos melhores materiais

de construção existentes. Podem ser produzidos em pequenas olarias com equipamentos primitivos ou em indústrias modernas.

Para os tipos de cerâmicas, um dos critérios mais tradicionais se dá em verificar a cor da massa, que pode ser branca ou vermelha. As que apresentam coloração vermelha são argilas de proveniências sedimentares, conforme Andrade (2002), e grande parte da coloração vermelha se dá pelos altos teores de compostos de ferro provenientes da queima. Andrade (2002) ainda destaca que especificamente para a indústria da construção civil a denominação de *cerâmica vermelha* engloba produtos como tijolos e blocos para alvenaria, além de telhas, pisos, vasos decorativos, entre outros. Geralmente, ao se falar da cerâmica vermelha, faz-se referência a um grupo de produtos rústicos em que o acabamento de reboco dificilmente ocorre

A Figura 2 apresenta a cor e o formato característicos dos blocos cerâmicos que serão abordados neste trabalho.

Figura 2 – Bloco cerâmico



Fonte: Minas Jr., 2018, p. 1.

2.3.2 Resistência mecânica

Os blocos cerâmicos podem ser produzidos em diversos tamanhos, especificados pela NBR 15.270 (ABNT, 2017), e usados para os mais diversos fins (Tabela 1). Para resistência mínima à compressão a norma também especifica valores mínimos expressos em MPa. Esses valores são essenciais para atender à norma de desempenho NBR 15.575 (ABNT, 2013), uma das normas mais importantes de toda edificação. Para este estudo de caso usou-se o bloco cerâmico de nove furos com dimensões de $11,5 \times 14 \times 24$ cm.

A NBR 15.270 (ABNT, 2017) determina os valores mínimos de resistência à compressão dos blocos cerâmicos com base na posição dos furos.

Resistência mínima dos blocos para os tipos de furação (MPa):

- Blocos de vedação com furos horizontais: $\geq 1,5$;
- Blocos de vedação com furos verticais: $\geq 3,0$.

Tabela 1 – Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos de vedação

Dimensões LxHxC Modulo dimensional M=10 cm	Dimensões de fabricação (cm)			
	Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)	
			Bloco Principal	1/2 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
2 M X 3/2 M X 5/2 M			24	11,5
1 M X 3/2 M X 3 M		19	29	14
1 M X 2 M X 2 M			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
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			39	19
3/2 M X 2 M X 2 M	14	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	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: ABNT, 2017, p. 16.

Toda empresa que fabrica os blocos cerâmicos deve seguir as dimensões apresentadas nas tabelas rigorosamente, para que atendam à norma vigente.

2.3.3 Desperdício

Para Andrade (2002), o desperdício de material de construção é grande e acontece em obras que vão desde uma reforma doméstica até a obra industrial. O bloco cerâmico atinge valores altos de desperdício principalmente no corte de peças e por conta da fragilidade do material.

De acordo com dados do XVI Congresso Brasileiro de Custos (2009), as vedações apresentam os maiores índices de desperdício em uma obra, e com os blocos cerâmicos pode o desperdício chegar a 17%. Com as argamassas, pode chegar a 115%. Neste sentido a racionalização nas alvenarias é fundamental para atender aos requisitos de custos e prazos de uma obra.

2.3.4 Conforto térmico

O bloco cerâmico desempenha o papel de isolante térmico nas edificações muito bem, tendo em vista que sua transmitância térmica é de $2,09 \text{ W/m}^2\text{K}$. Para termos comparativos, a transmitância térmica do bloco de concreto é de $2,88 \text{ W/m}^2\text{K}$, conforme prescrito por Santos et al. (2015). Esta diferença de valores se dá pelo fato de a argila seca ter boas características isolantes, e também pelo fato de o bloco cerâmico abordado no estudo conter furos, que quando selados no processo de execução da alvenaria mantêm o ar inerte em seu interior. Como já comentado, quando inerte o ar apresenta boas características isolantes.

Como já abordado neste estudo, a baixa transmitância térmica contribui para uma série de fatores relacionados ao conforto térmico. Isso explica a popularidade do bloco cerâmico vazado convencional, tendo em vista que ele proporciona um bom conforto térmico quando comparado com o bloco de concreto, por exemplo.

2.4 ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO

Para efeitos deste estudo, foi necessário analisar as argamassas de assentamento e o comportamento delas nas uniões dos blocos, avaliando sua resistência à tração e praticidade de aplicação. Deste modo decidiu-se comparar a argamassa convencional e a argamassa polimérica.

2.4.1 Definição

As argamassas de assentamento possuem função de união dos blocos de alvenarias, formando assim uma estrutura sólida capaz de cumprir todas as funções para as quais a vedação é solicitada, como os esforços de compressão e tração, tensão ao cisalhamento e estanqueidade.

Com isso, a união adequada dos blocos é de extrema importância e deve-se sempre garantir o uso adequado das argamassas, a fim de reduzir o desperdício causado pelo uso irregular de material e ainda manter as uniões dos blocos sólidas. Para Pereira (2010), as argamassas de assentamento podem representar de 2 a 16% do volume total de alvenaria na vedação, e sua importância no desempenho de uma vedação é maior do que as porcentagens podem vir a apresentar.

A argamassa mais utilizada no Brasil atualmente é a formada por cimento, areia, cal e água, podendo-se utilizar aditivos na composição para alterar características físicas do material a fim de torná-lo mais maleável ou com um tempo de endurecimento menor, porém sem alterar o traço da argamassa.

Como observado por Rocha (2012), a simples implantação de novas ferramentas, o investimento em tecnologia e o desenvolvimento de novos materiais contribuem de forma imprescindível para a redução do desperdício e o aumento da produtividade, trazendo assim reflexos positivos tanto econômica quanto ambientalmente.

2.5 CIMENTO PORTLAND

O cimento Portland é usado há décadas no Brasil. As primeiras tentativas de produção surgiram em meados de 1880 por Antônio Proost Rodovalho. Desde então sua utilização é comum e acessível. O cimento Portland é um material relativamente barato e pode ser encontrado em cinco tipos básicos: CP-I, CP-II, CP-III, CP-IV e CP-V. Cada tipo de cimento apresenta diferentes características físico-químicas e de composição, em conformidade com a NBR 16.697 (ABNT, 2018).

O cimento é utilizado tanto em argamassas quanto no concreto. Como comentam Helene e Andrade (2007), a mistura de cimento com água forma uma pasta mais ou menos maleável. Esta pasta de textura enatada envolve as partículas de agregados, e inicialmente apresenta um estado em que pode ser moldada nas mais diversas formas geométricas. Posteriormente, com o passar do tempo, a mistura endurece pela reação irreversível da água com o cimento, fazendo com que a peça tenha uma excelente resistência mecânica.

2.6 AGREGADOS

Os agregados são materiais minerais granulados que possuem dimensões aleatórias, ou seja, de volume indefinido, e apresentam características inertes. São materiais de custo relativamente baixo e são de grande valia para a construção civil.

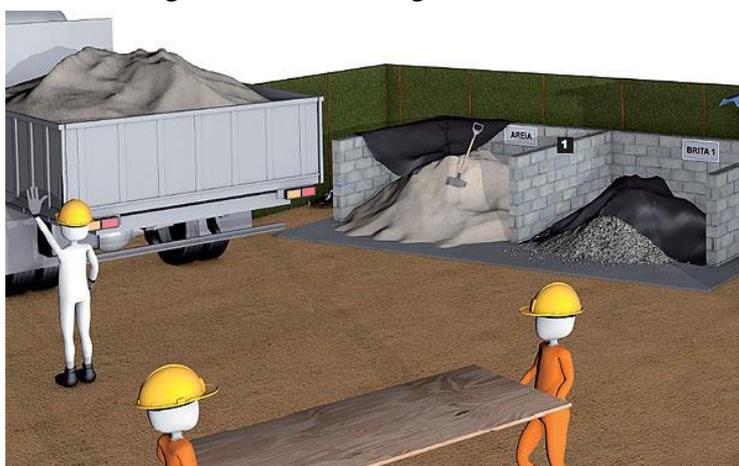
A NBR 7.211 (ABNT, 2009) categoriza os tipos de agregados em dois principais:

- Agregado miúdo: material cujos grãos passam pela peneira de malha 4,75 mm, como exemplo a areia e o pó de pedra.
- Agregado graúdo: material cujos grãos passam pela peneira de malha 75 mm, como exemplo a brita e o seixo rolado.

2.6.1 Areia

A areia é um dos materiais mais utilizados na produção de argamassas. No entanto, as areias utilizadas em obras devem ser limpas e isentas de quaisquer tipos de impurezas. Podem ser extraídas do fundo de rios e de jazidas de areias. A armazenagem em campo (Figura 3) deve ser feita de modo a não alterar as características da areia, protegendo-a da chuva, sujeiras ou da mistura com outros agregados que podem existir em campo.

Figura 3 – Armazenagem de material



Fonte: Construção Mercado, 2018.

Por definição da NBR 9.935 (ABNT, 2011), tem-se que:

Agregado miúdo originado através de processos naturais ou artificiais de desintegração de rochas, ou proveniente de processos industriais. É chamada de areia natural se resultante de ação de agentes da natureza, de areia artificial quando proveniente de processos de reciclagem de areia de britagem, quando proveniente de cominuição mecânica de rochas, conforme normas específicas (ABNT, 2011, p. 3).

De acordo com Tristão (2005), existem muitas variedades de areias para produção de argamassas. Essas diferenças, como granulometria e as características geométricas e de rugosidade de grãos, interferem no proporcionamento dos materiais, que se refletem nas propriedades das argamassas.

2.6.2 Cal hidratada

Comumente usa-se a cal hidratada para aumentar a plasticidade da argamassa. Esse fator eleva sua trabalhabilidade, aumentando assim a produtividade, principalmente nos processos de revestimentos.

De acordo com a NBR 7.175 (ABNT, 2003), tem-se definição de cal hidratada com:

[...] pó seco obtido pela hidratação adequada da cal virgem, constituída essencialmente de hidróxido de cálcio ou de uma mistura de hidróxido de cálcio e hidróxido de magnésio, ou ainda, de uma mistura de hidróxido de cálcio, hidróxido de magnésio e óxido de magnésio (ABNT, 2003, p. 2).

Para os autores Paiva, Gomes e Oliveira (2007), o uso da cal hidratada nas argamassas de assentamento e revestimento introduz grandes vantagens do ponto de vista econômico, ambiental e da melhoria da qualidade de desempenho. Dentre suas principais características ressalta-se a função de aglomerante, a trabalhabilidade, a resistência à penetração de água e a capacidade de retenção de água, além das questões da resistência à compressão.

2.7 ADITIVOS

De acordo com o professor Freitas (2013), os aditivos são produtos usados na produção de argamassas e concretos de cimento, e têm finalidade de modificar certas propriedades deste fresco ou endurecido. O autor ainda apresenta dados de que, em países desenvolvidos, de 70 a 80% dos concretos usam algum tipo de aditivo. Eles podem ser considerados o quarto componente do concreto (cimento, agregados, água e aditivos).

A utilização de aditivos em argamassas ou concretos dá a oportunidade de se mudar as características da massa para determinada finalidade. Um exemplo são os aditivos plastificantes, que são muito usados em argamassa para torná-la mais trabalhável. Porém, essa alteração de característica física não implica a alteração do traço, fazendo com que se tenha um ganho de produtividade sem perder a qualidade do material.

2.8 ARGAMASSA CONVENCIONAL

Esta é a argamassa mais usada no Brasil. Sua popularidade se dá pela praticidade de uso e produção. Ela pode ser encontrada pronta e entregue por empresas de fornecimento de concreto (argamassa industrializada) ou ser produzida no local da obra. Sua composição básica se dá por cimento, água e agregados.

A NBR 13.281 (ABNT, 2005) apresenta os requisitos para argamassas de assentamento e revestimento, e portanto serviu de base para os estudos da pesquisa.

A definição de argamassa pode ser encontrada na citada norma como

mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada) (ABNT, 2005, p. 2).

As propriedades mecânicas das argamassas convencionais podem variar de acordo com a quantidade de água aplicada nelas no momento de produção. Isso causa a alteração de traço do material. Para que ela atenda aos requisitos da norma técnica, deve-se tomar muito cuidado na hora de produção.

Uma alternativa para garantir a qualidade da argamassa é comprá-la pronta. As argamassas industrializadas vêm ganhando mercado pela praticidade, pois são entregues prontas para uso e têm a comodidade de poder ser armazenadas para uso posterior. Algumas empresas garantem a qualidade da argamassa até 48 horas depois da entrega.

De acordo com a professora Costa (2016), a argamassa quanto a sua densidade pode ser dividida em três níveis: leve, normal e pesada. Para o nível leve a argamassa apresenta uma densidade maior que 1.400 kg/m^3 ; para o nível normal, uma densidade entre 2.400 kg/m^3 e 1.400 kg/m^3 ; para o nível pesado, uma densidade acima de 2.400 kg/m^3 .

2.9 ARGAMASSA POLIMÉRICA

Esta argamassa é um material que vem sendo desenvolvido e usado há pouco tempo no mundo, e que entrou no mercado brasileiro recentemente. Veio com a finalidade de oferecer mais praticidade e durabilidade na execução de vedações verticais.

2.9.1 História

O Brasil enfrenta sérios problemas econômicos que influenciam todos os setores da economia, por isso o desenvolvimento de novas técnicas e o investimento em tecnologia se faz

necessário para que as empresas possam enfrentar tais problemas econômicos. Consoante aos pensamentos de Silva et al. (2015), a construção civil é um setor que vem sendo bastante beneficiado pela quantidade de novas tecnologias, como as argamassas poliméricas, produto que substitui a utilização de argamassa convencional. Silva et al. (2015) ainda comentam que a primeira formulação da argamassa polimérica foi em 1970, e publicada oficialmente em 1981. Porém, esta tecnologia é pouco difundida no Brasil – somente em 2011 foi apresentada comercialmente na Feira Internacional da Construção (Feicon).

2.9.2 Polímeros

Para Martins (2010), polímeros são compostos químicos de elevada massa molecular relativa. São macrocélulas obtidas a partir da associação de pequenas moléculas, chamadas de monômeros. As argamassas poliméricas são materiais compósitos, onde a ligação dos agregados é feita por um polímero orgânico sintético – o mais comum são resinas epoxídicas ou de poliéster. Os materiais baseados em polímeros têm ganhado cada vez mais espaço no mercado, dada a quantidade de aplicações na engenharia civil.

As resinas epoxídicas são obtidas da mistura de dois ou mais componentes. Normalmente os componentes separados apresentam-se sob a forma de líquidos viscosos. Uma vez misturados os componentes, inicia-se uma reação exotérmica que, depois de terminar, dá origem a um material sólido. A proporção da mistura dos componentes (resina epoxídica e endurecedor) e as suas características têm grande influência nas propriedades do produto final. A mistura da resina epoxídica e endurecedor, nas proporções certas, dá origem a um polímero termoendurecível, tendo, portanto, uma estrutura macromolecular tridimensional (MARTINS, 2010, p. 30).

Martins (2010) ainda comenta que, além das resinas epoxídicas, há outros tipos de resinas, como por exemplo as resinas poliéster, acrílicas, de uretano, entre outras. No entanto, as resinas epoxídicas são as mais utilizadas na construção civil por apresentarem características fundamentais para o uso em obra.

2.9.3 Características

As argamassas poliméricas ganharam uma norma técnica específica a partir de 2017, a NBR 16.590 (ABNT, 2017). Ela foi criada no intuito de estabelecer um padrão de qualidade para produção, envase, identificação e comercialização do produto, e também recomendações de uso.

Temos então, com a citada norma, a definição de argamassa polimérica ou composto polimérico não cimentício como “mistura homogênea e industrializada composta por agregado(s) miúdo(s), água e blenda de resinas poliméricas” (ABNT, 2017, p. 1).

Para Silva et al. (2015), os resultados dos ensaios são impressionantes em termos de resistência à compressão, pois os valores chegam a ser cerca de 72% maiores quando comparados com a argamassa convencional.

Mas uma das suas principais características não se dá pela alta resistência, tanto a compressão quanto a tração, mas sim pela praticidade de uso e aplicação, podendo ser encontrada no comércio no estado pastoso (Figura 4) ou em pó.

Figura 4 – Argamassa polimérica para alvenaria de vedação



Fonte: Leroy Merlin, 2018.

A argamassa comercializada no estado pastoso vem pronta para uso (Figura 5) e sem necessidade de aplicação de água, facilitando seu uso e apresentando então um ganho de produtividade. Os estudos de Silva et al. (2015) apresentam dados que mostram que dois trabalhadores em três horas de serviço obtêm o mesmo resultado de serviço que três trabalhadores em oito horas de serviço usando o método convencional.

Figura 5 – Aplicação da argamassa polimérica



Fonte: Mercado Livre.

Os já citados autores ainda comentam que a quantidade de material para fazer a união dos blocos com a argamassa polimérica é muito menor do que a quantidade necessária para fazer a união com argamassa convencional. Apresentam valores de que em 1 m² de parede são necessários de 30 kg a 50 kg de argamassa convencional seca (sem adição de água) para blocos de cerâmica com 6 furos, enquanto a argamassa polimérica exige apenas 1,5 kg de material usando a argamassa pronta para uso. Isso contribui significativamente para a redução de material utilizado e a redução de peso estrutural.

A densidade deste material pode variar de um fabricante para outro. Uma pesquisa realizada em sites de comerciantes e fabricantes aponta que a densidade pode variar de 1.800 kg/m³ e 1900 kg/m³, mostrando que a densidade não oscila tanto quanto a argamassa convencional.

O motivo da escolha desta argamassa para nosso estudo foi o pouco volume que se utiliza para obter o mesmo resultado em um sistema de vedação se usada a argamassa convencional. Esse fator contribui para a utilização de menos recursos e a redução do peso específico de uma alvenaria de vedação.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Este capítulo desenvolve-se sobre a metodologia usada para a realização deste estudo, abordando os tipos de pesquisas e resultados que pretendemos alcançar, bem como a importância deste estudo.

3.1 IMPORTÂNCIA DA PESQUISA

Para Campos, Santos e Santos (2009), com o mercado competitivo e as novas tecnologias computacionais, está se exigindo dos profissionais não só conhecimento teórico, mas uma prática baseada na reprodução e produção de conhecimentos.

A importância desta pesquisa fundamenta-se no fato de que ela busca avaliar novos métodos construtivos que possam ser aplicados na sociedade brasileira. O fator decisivo para o tema abordado foi que o Brasil nos últimos anos tem passado por uma série de crises financeiras. Tais crises influenciam diretamente a construção civil do país. Como o custo de produção tem se tornado elevado, aliado aos cortes de incentivos governamentais vinculados à execução de obras, as construtoras buscam novas alternativas de gestão e construção para tentar minimizar os gastos excessivos.

A pesquisa científica objetiva fundamentalmente contribuir para a evolução do conhecimento humano em todos os setores, sendo sistematicamente planejada e executada segundo rigorosos critérios de processamento das informações (NICOLAU, 2005, p. 3).

Portanto, o objetivo deste trabalho é, se possível, encontrar um processo visando à redução de gastos financeiros e de resíduos, procurando assim a viabilização de projetos e também contribuir para a conservação do meio ambiente.

3.2 A PESQUISA REALIZADA

A pesquisa realizada fundou-se no método de abordagem quantitativa e procedimento de tipo de estudo experimental. Os resultados foram determinados pela análise de variáveis e estudo descritivo.

As características do estudo experimental podem ser entendidas da seguinte forma:

O método experimental consiste essencialmente em submeter os objetos de estudo à influência de certas variáveis, em condições controladas e conhecidas pelo investigador, para observar os resultados que a variável produz no objeto. Não constitui exagero afirmar que boa parte dos conhecimentos obtidos nos últimos três séculos se deve ao emprego do método experimental, que pode ser considerado como o método por excelência das ciências naturais (GIL, 2007, p. 16).

Neste trabalho optou-se pelo processo de estudo de caso, no qual o objetivo da pesquisa é a análise da unidade, que deve ser feita de forma profunda e intensa. Para Gil (2007) o estudo de caso não tem a finalidade de prover conhecimentos precisos do conteúdo abordado, mas sim o de expandir ou generalizar proposições teóricas.

3.3 O PROCESSO E PLANEJAMENTO

A partir dos métodos de desenvolvimento utilizados, o intuito deste estudo é demonstrar as diferenças encontradas pelo uso do bloco de concreto celular autoclavado assentado com argamassa polimérica, tendo como objeto de comparação a alvenaria convencional.

O processo da pesquisa foi dividido em cinco momentos:

Momento 1: Este é o momento inicial, quando foi feita uma análise para se justificar o tema abordado, foram demonstrados os objetivos a serem alcançados, alinhados com o problema apresentado, e também se abordou a relevância social e científica do trabalho.

Momento 2: Em função dos objetivos propostos no momento anterior, realizou-se um estudo com a finalidade de obter parâmetros para responder a alguns questionamentos propostos pelo trabalho, tais como:

- A diferença de custo é realmente significativa quando se altera a alvenaria convencional pelo bloco de concreto celular autoclavado?
- Vale a pena o uso do bloco celular autoclavado e da argamassa polimérica dentro do mercado da construção civil?
- O que deve ser feito para melhor inseri-los no mercado?

Momento 3: Neste momento abordou-se a metodologia aplicada ao trabalho. Assim, para demonstrar a relação custo-benefício do uso do bloco de concreto celular assentado com argamassa polimérica em comparação com a alvenaria convencional, foi realizado o estudo de caso. A partir de um levantamento real da diferença no custo, pode-se mostrar com maiores detalhes quais são as possibilidades encontradas com o bloco de concreto celular e a argamassa polimérica.

Momento 4: Aqui buscou-se um projeto arquitetônico residencial multifamiliar para demonstrar as influências diretas que a alteração do método construtivo de alvenaria traz para a estrutura do edifício e no orçamento da execução das alvenarias. Procurou-se avaliar as diferenças de pesos entre os dois processos e a diferenças de custos entre um e outro.

Momento 5: Após as informações cedidas pelo projeto e os parâmetros de cálculos pré-definidos, apresentamos então um conjunto de planilhas e gráficos representando a diferença entre os dois sistemas construtivos. Tudo isso remetido ao custo de cada um, para, no fim, apresentar a diferença percentual da utilização do BCCA com a utilização de argamassa polimérica em relação à alvenaria convencional dentro do custo da obra.

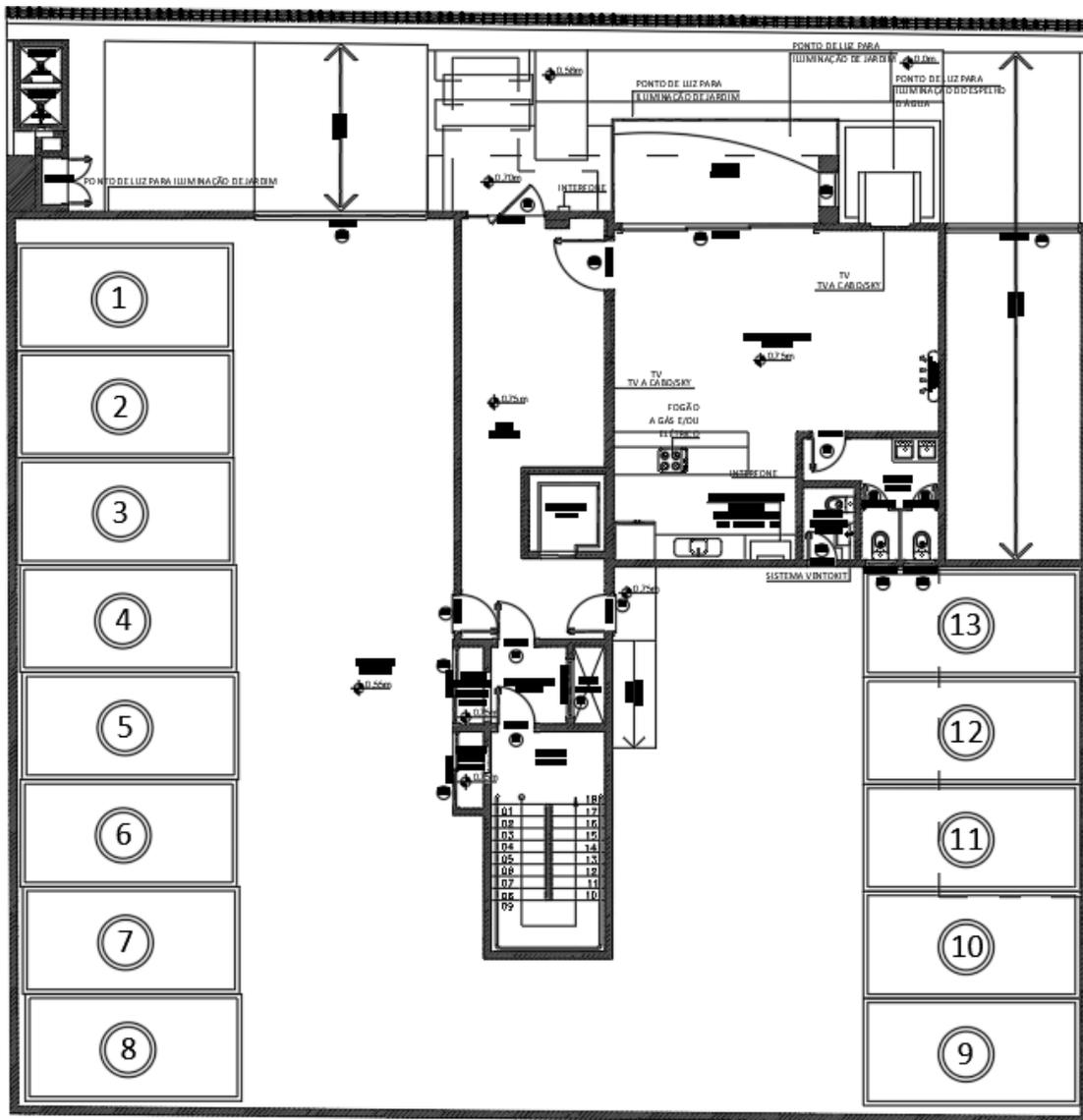
3.4 O EMPREENDIMENTO

Para o estudo, usamos um edifício residencial multifamiliar, que será adequado para alcançarmos os objetivos de análises das diferenças estruturais. O edifício residencial teve o projeto cedido pela empresa Meta Engenharia, está localizado no bairro Vila Moema, na cidade de Tubarão. A área total do terreno é de 650 m² e a área projetada do edifício, de 538,56 m².

A seguir demonstraremos as plantas baixas do edifício (Figuras 6, 7 e 8), demonstrando suas dimensões e as localizações das vedações.

O edifício possui um total de oito pavimentos mais o térreo e reservatório, com uma altura total de 37,90 m. Os pavimentos de 2º a 8º são destinados aos apartamentos, no 9º está situado a cobertura. O primeiro pavimento é destinado a vagas de garagem e a sala *fitness*.

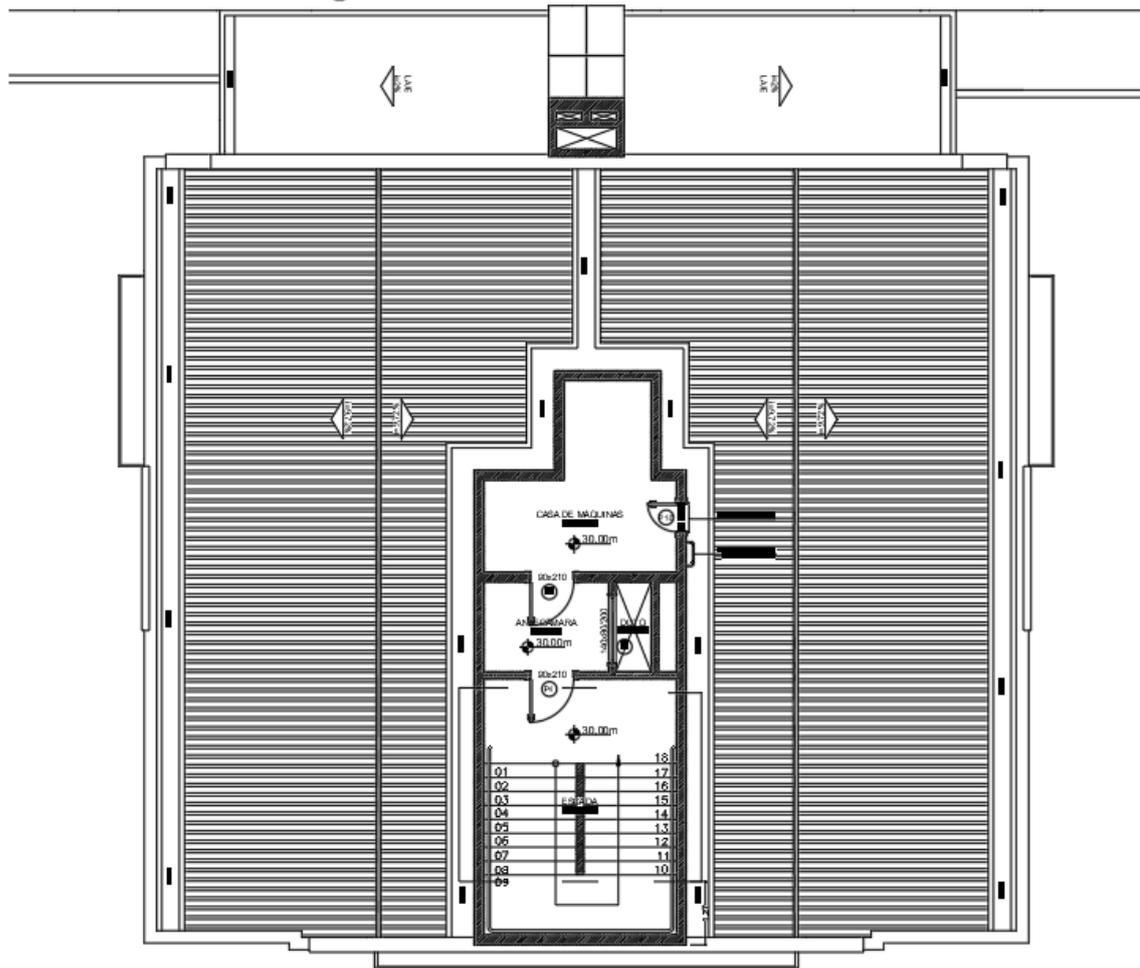
Figura 7 – Planta baixa térreo



Fonte: Meta Engenharia, 2017.

O térreo é composto por três áreas, o hall de entrada, um salão de festas e garagem, que neste pavimento é composta por 13 vagas. A área total é de 535,56 m², dispostos em 29,34 m² para o hall de entrada, 50,28 m² para o salão de festas e 364,38 m² para a garagem.

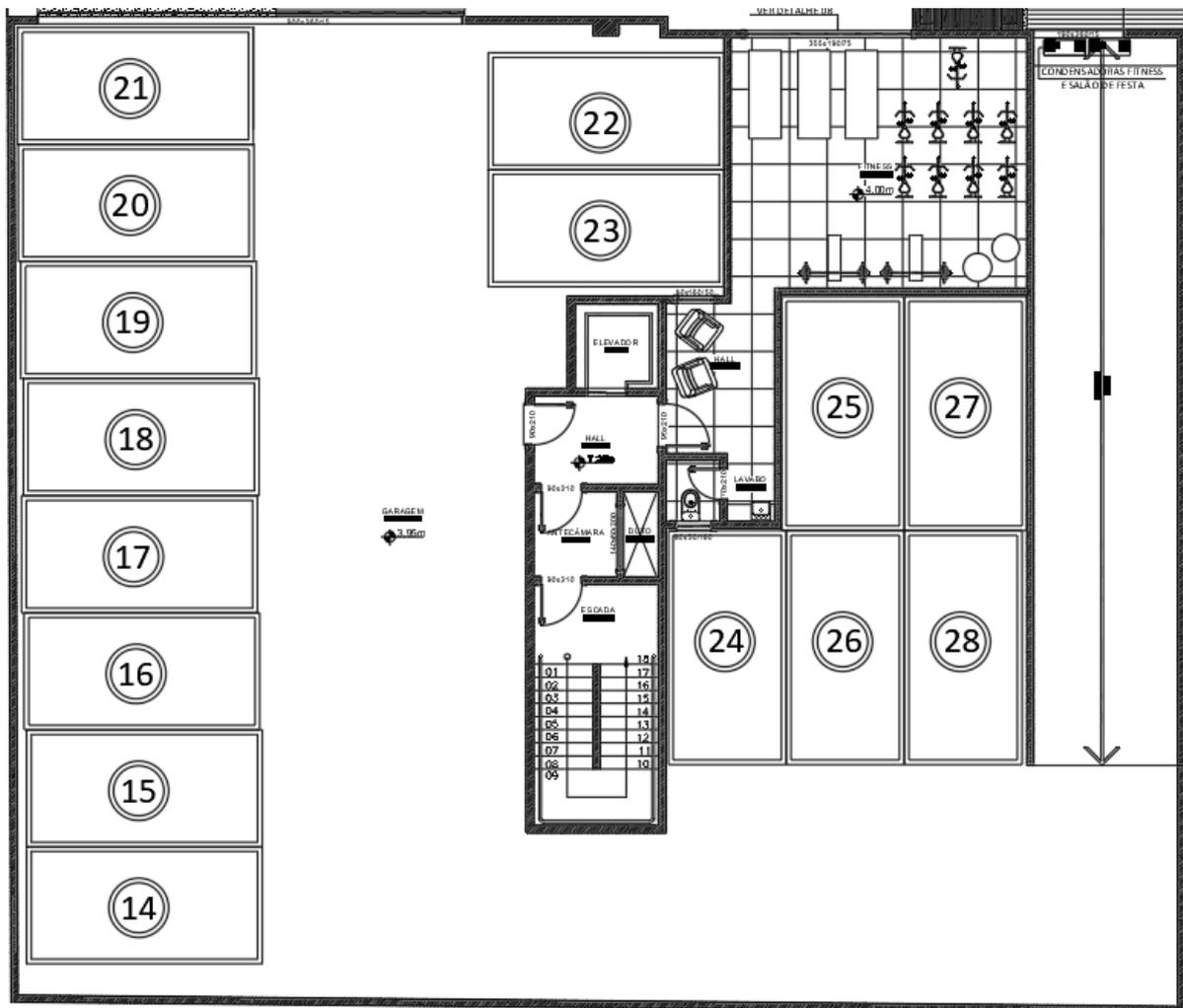
Figura 8 – Planta baixa da cobertura



Fonte: Meta Engenharia, 2017.

A imagem anterior demonstra a planta baixa da cobertura, que possui apenas a sala de máquinas do elevador e acesso ao volume de reservatório.

Figura 9 – Planta baixa do primeiro pavimento



Fonte: Meta Engenharia, 2017.

O primeiro pavimento é composto por uma sala fitness com um hall de entrada e garagem. A área total do pavimento é de 523,63 m². A área de garagem tem total de 379,17 m² com 14 vagas, e o hall e espaço fitness possuem uma área total de 41 m².

A partir deste projeto arquitetônico, a empresa Meta Engenharia desenvolveu o projeto de fundações usando-se do programa Cypecad, tendo em vista que os outros projetos foram realizados por outros especialistas. Neste projeto foi adotado como carga de parede o valor de 1.300 kgf/m³ para tijolos vazados, de acordo com a NBR 6.120/1980, em sua versão corrigida 2017 – Cargas para Cálculo de Edificações. Para o BCCA, no estudo de caso adotou-se o valor de 550 kgf/m³ para blocos com resistência à compressão de 2,5 MPa – conforme a ABNT NBR 13.438 – Sobre o Bloco de Concreto Celular Autoclavado – mesmo que as paredes sejam somente para vedação, sem possuir função estrutural.

Optou-se por demonstrar as diferenças de pesos encontradas em planilhas contendo os volumes ocupados pelas paredes analisadas. Como não possuímos o projeto estrutural, as medidas das paredes foram feitas com base no projeto arquitetônico sem descontar os valores de possíveis pilares e vigas, e também não foram consideradas janelas e portas.

3.5 LEVANTAMENTO DE PESO DAS ALVENARIAS

As planilhas apresentadas a seguir apresentam os valores de estimativas de volume ocupados pelas paredes, as áreas analisadas e os pesos das respectivas paredes. As paredes da escadaria, cobertura e reservatório já possuem o bloco celular autoclavado por exigência de norma do Corpo de Bombeiros de Santa Catarina (IN nº 009/DAT/CBMSC), a qual especifica que as vedações de tais lugares precisam resistir a 4 horas de fogo.

Para os parâmetros dessas estimativas usaremos o tijolo cerâmico de 9 furos (Figura 10) com dimensões de $11,5 \times 14 \times 24$ cm, e o bloco celular autoclavado (Figura 11) com dimensões de $60 \times 30 \times 12,5$ cm.

Figura 10 – Tijolo cerâmico



Fonte: Tijotelha, 2018, p. 1.

A imagem acima demonstra o tijolo usado nas vedações e também a base para as estimativas de argamassa consumida.

Figura 11 – Bloco de concreto celular



Fonte: Precon, 2018, p. 1.

A imagem acima demonstra o tipo de BCCA que procuramos substituir nas alvenarias e também a base para as estimativas de argamassa consumida.

3.5.1 Paredes do pavimento tipo

As Tabelas 2 e 3 demonstram os valores resultantes das paredes do pavimento tipo, que é composto por dois apartamentos, o vão de escadaria e o elevador. Para o cálculo do volume das paredes, os valores de altura e espessura foram mantidos padrões, onde, para paredes, foi usado o tijolo comum. A altura das paredes é de 3 metros, e espessura de 0,15 m, e para as paredes da escadaria a altura de cálculo se mantém a mesma, e a espessura passa a ter 0,20 m.

A Tabela 2 apresenta os cálculos para alvenaria convencional, enquanto a Tabela 3 apresenta os cálculos para o uso de BCCA. As paredes foram separadas por áreas. Nas tabelas, cada número pode ser identificado por uma cor no Apêndice A cor esta que representa a área avaliada.

Tabela 2 – Cálculo de peso das paredes com tijolo convencional

Paredes do pavimento tipo			
Nº da area avaliada	Comprimento (m)	Volume (m³)	Peso da parede (kgf)
1	4,73	2,1285	2767,05
	2,88	1,296	1684,8
	6,3	2,835	3685,5
	4,18	1,881	2445,3
2	0,15	0,0675	87,75
	0,92	0,414	538,2
	1,6	0,72	936
3	2,73	1,2285	1597,05
	3,3	1,485	1930,5
	2,73	1,2285	1597,05
4	1,3	0,585	760,5
	1,3	0,585	760,5
	0,92	0,414	538,2
	0,15	0,0675	87,75
5	5,72	2,574	3346,2
	3,3	1,485	1930,5
	5,72	2,574	3346,2
	3,3	1,485	1930,5
6	3,83	1,7235	2240,55
	3,83	1,7235	2240,55
	1,62	0,729	947,7
	0,95	0,4275	555,75
7	2,15	0,9675	1257,75
	1,25	0,5625	731,25
	2,84	1,278	1661,4
	0,45	0,2025	263,25
8	7	3,15	4095
	1,4	0,63	819
	1,3	0,585	760,5
	1,3	0,585	760,5
	1,3	0,585	760,5
9	0,36	0,162	210,6
	0,7	0,315	409,5
10	10	6	3300
	9,35	5,61	3085,5
	2,25	1,35	742,5
	2,65	1,59	874,5
	2,65	1,59	874,5

	4,92	2,952	1623,6
11	5	2,25	2925
	2,7	1,215	1579,5
	2,7	1,215	1579,5
12	1,6	0,72	936
	0,9	0,405	526,5
	0,15	0,0675	87,75
13	4,2	1,89	2457
	5	2,25	2925
	2,7	1,215	1579,5
	3,45	1,5525	2018,25
	1,3	0,585	760,5
14	1,3	0,585	760,5
	1,3	0,585	760,5
	0,9	0,405	526,5
	0,15	0,0675	87,75
15	5,7	2,565	3334,5
	3,3	1,485	1930,5
	3,3	1,485	1930,5
	5,7	2,565	3334,5
16	3,8	1,71	2223
	3,8	1,71	2223
	1,6	0,72	936
	0,8	0,36	468
	0,15	0,0675	87,75
17	2,15	0,9675	1257,75
	3	1,35	1755
	1,25	0,5625	731,25
	0,45	0,2025	263,25
18	4,15	1,8675	2427,75
	1,2	0,54	702
	0,35	0,1575	204,75

Fonte: Acervo do autor, 2018.

A soma total das paredes de um pavimento tipo é de 101.503,2 kgf, usando a alvenaria convencional, exceto na área de número 10, que é composta por BCCA.

Tabela 3 – Cálculo de peso das paredes com BCCA

Paredes do pavimento tipo			
Nº da area avaliada	Comprimento (m)	Volume (m³)	Peso da parede (kgf)
1	4,73	2,1285	1170,675
	2,88	1,296	712,8
	6,3	2,835	1559,25
	4,18	1,881	1034,55
2	0,15	0,0675	37,125
	0,92	0,414	227,7
	1,6	0,72	396
3	2,73	1,2285	675,675
	3,3	1,485	816,75
	2,73	1,2285	675,675
4	1,3	0,585	321,75
	1,3	0,585	321,75
	0,92	0,414	227,7
	0,15	0,0675	37,125
5	5,72	2,574	1415,7
	3,3	1,485	816,75
	5,72	2,574	1415,7
	3,3	1,485	816,75
6	3,83	1,7235	947,925
	3,83	1,7235	947,925
	1,62	0,729	400,95
	0,95	0,4275	235,125
7	2,15	0,9675	532,125
	1,25	0,5625	309,375
	2,84	1,278	702,9
	0,45	0,2025	111,375
8	7	3,15	1732,5
	1,4	0,63	346,5
	1,3	0,585	321,75
	1,3	0,585	321,75
	1,3	0,585	321,75
9	0,36	0,162	89,1
	0,7	0,315	173,25
10	10	6	3300
	9,35	5,61	3085,5
	2,25	1,35	742,5
	2,65	1,59	874,5
	2,65	1,59	874,5
	4,92	2,952	1623,6

11	5	2,25	1237,5
	2,7	1,215	668,25
	2,7	1,215	668,25
12	1,6	0,72	396
	0,9	0,405	222,75
	0,15	0,0675	37,125
13	4,2	1,89	1039,5
	5	2,25	1237,5
	2,7	1,215	668,25
	3,45	1,5525	853,875
	1,3	0,585	321,75
14	1,3	0,585	321,75
	1,3	0,585	321,75
	0,9	0,405	222,75
	0,15	0,0675	37,125
15	5,7	2,565	1410,75
	3,3	1,485	816,75
	3,3	1,485	816,75
	5,7	2,565	1410,75
16	3,8	1,71	940,5
	3,8	1,71	940,5
	1,6	0,72	396
	0,8	0,36	198
	0,15	0,0675	37,125
17	2,15	0,9675	532,125
	3	1,35	742,5
	1,25	0,5625	309,375
	0,45	0,2025	111,375
18	4,15	1,8675	1027,125
	1,2	0,54	297
	0,35	0,1575	86,625

Fonte: Acervo do autor, 2018.

A soma total das paredes de um pavimento tipo é de 49.001,7 kgf, usando somente o BCCA. De acordo com esses valores, a diferença encontrada é de 52.501,5 kgf, que, se multiplicada pelo número total de pavimentos tipo, gera uma diferença de peso total de 315.009 kgf, ou 315 toneladas.

3.5.2 Paredes do pavimento térreo

As Tabelas 4 e 5 demonstram os valores resultantes das paredes do pavimento térreo, que é composto por um hall de entrada, um salão de festas, garagem, vão de escadaria e o elevador. Para o cálculo do volume das paredes, os valores de altura e espessura foram

mantidos padrões, onde, para paredes, foi usado o tijolo comum. A altura das paredes é de 3 metros, e espessura de 0,15 m. Para as paredes da escadaria a altura de cálculo se mantém a mesma, e a espessura passa a ter 0,20 m.

A Tabela 4 apresenta os cálculos para alvenaria convencional, enquanto a Tabela 5 apresenta os cálculos para o uso de BCCA. As paredes foram separadas por números nas tabelas. Cada número pode ser identificado por uma cor no Apêndice B.

Tabela 4 – Cálculo de peso das paredes com tijolo convencional

Paredes do pavimento terreo			
Nº da area avaliada	Comprimento (m)	Volume (m³)	Peso da parede (kgf)
1	8,76	3,942	5124,6
	4,1	1,845	2398,5
	0,85	0,3825	497,25
2	6	2,7	3510
	4,35	1,9575	2544,75
	3	1,35	1755
	3,15	1,4175	1842,75
	4,7	2,115	2749,5
	2,8	1,26	1638
	1,85	0,8325	1082,25
	3,15	1,4175	1842,75
	2,85	1,2825	1667,25
4	3,1	1,395	1813,5
	8	3,6	4680
5	7,6	4,56	2508
	7,6	4,56	2508
	2,25	1,35	742,5
	3,3	1,98	1089
	3,3	1,98	1089
6	5,5	2,475	3217,5
	21	9,45	12285
	24,55	11,0475	14361,75
	13	5,85	7605

Fonte: Acervo do autor, 2018.

A soma total das paredes de um pavimento térreo é de 78.551,85 kgf, usando a alvenaria convencional, exceto na área de número 5, que é composta por BCCA.

Tabela 5 – Cálculo de peso das paredes com BCCA

Paredes do pavimento terreo			
Nº da area avaliada	Comprimento (m)	Volume (m³)	Peso da parede (kgf)
1	8,76	3,942	2168,1
	4,1	1,845	1014,75
	0,85	0,3825	210,375
2	6	2,7	1485
	4,35	1,9575	1076,625
	3	1,35	742,5
	3,15	1,4175	779,625
	4,7	2,115	1163,25
	2,8	1,26	693
	1,85	0,8325	457,875
	3,15	1,4175	779,625
	2,85	1,2825	705,375
4	3,1	1,395	767,25
	8	3,6	1980
5	7,6	4,56	2508
	7,6	4,56	2508
	2,25	1,35	742,5
	3,3	1,98	1089
	3,3	1,98	1089
6	5,5	2,475	1361,25
	21	9,45	5197,5
	24,55	11,0475	6076,125
	13	5,85	3217,5

Fonte: Acervo do autor, 2018.

A soma total das paredes de um pavimento tipo é de 37.812,23 kgf, usando somente o BCCA. De acordo com esses valores, a diferença encontrada é de 40.739,62 kgf. Temos, então, uma diferença de peso total de 40,739 toneladas.

3.5.3 Paredes do primeiro pavimento

A Tabela 6 e a Tabela 7 demonstram os valores resultantes das paredes do primeiro pavimento, que é composto por uma sala *fitness*, garagem, vão de escadaria e o elevador. Para o cálculo do volume das paredes, os valores de altura e espessura foram mantidos padrões, onde, para paredes, foi usado o tijolo comum. A altura das paredes é de 3 metros, e espessura de 0,15 m, e para as paredes da escadaria a altura de cálculo se mantém a mesma, enquanto a espessura passa a ter 0,20 m.

A Tabela 6 apresenta os cálculos para alvenaria convencional, enquanto a Tabela 7 apresenta os cálculos para o uso de BCCA. As paredes foram separadas por números nas tabelas. Cada número pode ser identificado por uma cor no Apêndice C.

Tabela 6 – Cálculo de peso das paredes com tijolo convencional

Paredes do primeiro pavimento			
Nº da área avaliada	Comprimento (m)	Volume (m ³)	Peso da parede (kgf)
1	5,8	2,61	3393
	6,3	2,835	3685,5
	5,65	2,5425	3305,25
	5,35	2,4075	3129,75
2	5	2,25	2925
	2,3	1,035	1345,5
	1,45	0,6525	848,25
	1,15	0,5175	672,75
	1	0,45	585
3	9,4	5,64	3102
	0,85	0,51	280,5
	2,25	1,35	742,5
	2,6	1,56	858
	2,6	1,56	858
	1,8	1,08	594
4	21	9,45	12285
	10	4,5	5850
	24,6	11,07	14391
	21	9,45	12285
	5,55	2,4975	3246,75
	0,8	0,36	468

Fonte: Acervo do autor, 2018.

A soma total das paredes de um pavimento térreo é de 74.850,75 kgf, usando a alvenaria convencional, exceto na área de número 3, que é composta por BCCA.

Tabela 7 – Cálculo de peso das paredes com BCCA

Paredes do primeiro pavimento			
Nº da area avaliada	Comprimento (m)	Volume (m³)	Peso da parede (kgf)
1	5,8	2,61	1435,5
	6,3	2,835	1559,25
	5,65	2,5425	1398,375
	5,35	2,4075	1324,125
2	5	2,25	1237,5
	2,3	1,035	569,25
	1,45	0,6525	358,875
	1,15	0,5175	284,625
	1	0,45	247,5
3	9,4	5,64	3102
	0,85	0,51	280,5
	2,25	1,35	742,5
	2,6	1,56	858
	2,6	1,56	858
	1,8	1,08	594
4	21	9,45	5197,5
	10	4,5	2475
	24,6	11,07	6088,5
	21	9,45	5197,5
	5,55	2,4975	1373,625
	0,8	0,36	198

Fonte: Acervo do autor, 2018.

A soma total das paredes de um pavimento tipo é de 35.380,13 kgf, usando somente o BCCA. De acordo com esses valores, a diferença encontrada é de 39.470,62 kgf. Temos, então, uma diferença de peso total de 39,470 toneladas.

3.5.4 Paredes da cobertura e reservatório

A Tabela 8 demonstra os valores resultantes das paredes da cobertura e volume de reservatório, que é composto pelo vão de escadaria e sala de máquinas para a cobertura. Para o cálculo do volume das paredes, os valores de altura das paredes da cobertura são de 3,15 m e espessura de 0,2 m, e para o volume de reservatório a altura é de 3,5 e espessura de 0,2 m, e espessura de 0,20 m. Neste pavimento todas as paredes já são compostas por BCCA. Assim, o pavimento terá um peso único tanto para a alvenaria comum quanto para o uso do BCCA. As paredes foram separadas por números nas tabelas. Cada número pode ser identificado por uma cor no Apêndice D para a cobertura e Apêndice E para o volume de reservatório.

Tabela 8 – Cálculo de peso das paredes com BCCA

Paredes da cobertura e reservatório			
Nº da area avaliada	Comprimento (m)	Volume (m³)	Peso da parede (kgf)
1	7,5	4,875	2681,25
	3,8	2,47	1358,5
	3,8	2,47	1358,5
	1,8	1,17	643,5
	1,8	1,17	643,5
	2,25	1,4625	804,375
2	2	1,3	715
	1,4	0,91	500,5
	2,2	1,43	786,5
	0,3	0,195	107,25
3	9,55	6,2075	3414,125
	9,55	6,2075	3414,125
	3,8	2,47	1358,5
	3,8	2,47	1358,5
	2,15	1,3975	768,625
	2,15	1,3975	768,625
	0,7	0,455	250,25

Fonte: Acervo do autor, 2018.

A soma total das paredes de um pavimento de cobertura e reservatório é de 20.931,63 kgf, usando o BCCA.

Com os somatórios totais, temos então que para a alvenaria convencional teria uma carga total de 783,353 toneladas. Essa é somente a carga de vedação que deve ser suportada pelas fundações do edifício. Para as vedações com uso do BCCA temos uma carga total de 388,134 toneladas, o que nos dá uma redução de 50,45% das cargas de vedação no edifício todo.

3.6 LEVANTAMENTO DO CONSUMO DE MATERIAIS E CUSTOS

Para a contribuição de se manter um baixo peso na estrutura, optou-se pela utilização de argamassa polimérica no assentamento dos blocos. De acordo com Silva et al. (2015), o emprego deste material pode apresentar uma eficácia na produtividade de 312%. Um pedreiro e dois auxiliares conseguem assentar até 800 tijolos por dia no processo tradicional.

O mesmo autor ainda destaca que, no processo tradicional, em 1 m² de alvenaria composta por tijolos de seis furos são necessários de 30 a 50 kg de argamassa, enquanto a argamassa polimérica exige apenas 1,5 kg para o mesmo metro quadrado. Já para questões de resistência à tração na flexão a argamassa polimérica chega a duas vezes mais que a argamassa tradicional.

Para as estimativas de material utilizados na alvenaria convencional optou-se pelo tijolo de nove furos já destacado anteriormente. O sistema convencional consiste em utilizar argamassa na base do tijolo e na cabeça dele (Figura 12), e para o BCCA o assentamento foi feito com argamassas poliméricas (Figura 13), que necessita de apenas dois filetes de material na base do bloco para realizar a união.

Figura 12 – Vedação em alvenaria tradicional



Fonte: Civil, 2018, p. 1.

A ilustração demonstra o formato da alvenaria e suas amarrações. Este tipo de assentamento necessita de um volume superior de material e deixa as juntas visíveis.

Figura 13 – Vedação com BCCA e argamassa polimérica



Fonte: Biomassa, 2018, p. 1.

A ilustração demonstra o formato dos blocos e suas amarrações. Este tipo de assentamento não deixa as juntas visíveis. Esse tipo de argamassa é aplicada por bisnagas.

Para as estimativas de consumo de materiais utilizados foram necessários os dados dos cálculos de peso das vedações. Para a argamassa convencional usaremos a média necessária de tijolos por metro quadrado de vedação relacionada com o volume de argamassa necessária para se assentar um tijolo. Já para o BCCA usaremos uma relação da quantidade de blocos necessários para executar um metro quadrado de vedação com a quantidade de argamassa polimérica necessária para assentar um bloco.

Para a quantidade de tijolos e blocos necessários para a execução das alvenarias foi usado o somatório total de áreas de parede e descontados os vãos de janelas e portas seguindo as diretrizes da Tabela de Composição de Custos de Obra (TCPO), onde apenas janelas e portas com aberturas superiores a 2 m² foram descontadas da área total da parede, e então foi feita uma relação entre 1 m² de parede e quantos blocos ou tijolos ocupam ela.

As tabelas a seguir demonstram as áreas totais das paredes dos pavimentos e também as áreas das esquadrias (Tabelas 9, 10 e 11).

Tabela 9 – Cálculo de área de parede

Área total de vedação do pavimento tipo (Tijolo/BCCA)		
Área (m ²)	Nº de pavimentos	Total (m ²)
466,68	6	2800,08

Área total de vedação do pavimento Terreo (Tijolo/BCCA)		
Área (m ²)	Nº de pavimentos	Total (m ²)
362,13	1	362,13

Área total de vedação do primeiro pavimento (Tijolo/BCCA)		
Área (m ²)	Nº de pavimentos	Total (m ²)
350,85	1	350,85

Área total de vedação da cobertura (BCCA)		
Área (m ²)	Nº de pavimentos	Total (m ²)
87,2625	1	87,2625

Área total de vedação do pavimento tipo (BCCA)		
Área (m ²)	Nº de pavimentos	Total (m ²)
95,46	6	572,76

Área total de vedação do pavimento Terreo (BCCA)		
Área (m ²)	Nº de pavimentos	Total (m ²)
72,15	1	72,15

Área total de vedação do primeiro pavimento (BCCA)		
Área (m ²)	Nº de pavimentos	Total (m ²)
58,5	1	58,5

Área total de vedação do reservatório (BCCA)		
Área (m ²)	Nº de pavimentos	Total (m ²)
68,25	1	68,25

Fonte: Acervo do autor, 2018.

A tabela anterior apresenta as áreas totais de paredes do edifício sem descontar as áreas ocupadas pelas esquadrias.

Tabela 10 – Cálculo de áreas das esquadrias

Esquadrias					
Cod	Altura (m)	Largura (m)	Total (m ²)	Quantidades	Total (m ²)
J1	0,7	1	0,7	36	Inferior a 2 m ²
J2	1,1	2,5	2,75	12	33
J3	2,3	2,1	4,83	12	57,96
J4	0,8	1,4	1,12	10	Inferior a 2 m ²
J5	1,2	2,1	2,52	24	60,48
J6	0,5	0,8	0,4	1	Inferior a 2 m ²
J8	1,9	3,55	6,745	1	6,745
J9	1,6	0,8	1,28	1	Inferior a 2 m ²
J10	0,5	0,7	0,35	2	Inferior a 2 m ²
P1	2,1	0,7	1,47	25	Inferior a 2 m ²
P2	2,3	1,2	2,76	12	33,12
P3	2,1	0,9	1,89	12	Inferior a 2 m ²
P4	2,1	0,9	1,89	18	Inferior a 2 m ²
P5	2,1	0,8	1,68	37	Inferior a 2 m ²
P6	2,1	0,7	1,47	24	Inferior a 2 m ²
P7	2,45	1,8	4,41	1	4,41
P8	1,8	0,6	1,08	2	Inferior a 2 m ²
P9	2,1	0,9	1,89	3	Inferior a 2 m ²
P10	1,5	0,9	1,35	1	Inferior a 2 m ²
P11	2,1	0,95	1,995	1	Inferior a 2 m ²
P12	2,3	1,2	2,76	1	2,76
P13	2,1	1,1	2,31	2	4,62
P14	2,1	0,7	1,47	1	Inferior a 2 m ²
P15	2,1	1,8	3,78	2	7,56
PJ2	1,7	2,1	3,57	1	3,57
PJ3	2,3	4,5	10,35	1	10,35
Po1	2,45	4	9,8	1	9,8
Po2	2,45	3,1	7,595	1	7,595
VF1	2,55	0,79	2,0145	1	2,0145

Fonte: Acervo do autor, 2018.

A tabela anterior demonstra as quantidades de esquadrias e as dimensões delas. Os dados dessa tabela foram retirados da tabela original do projeto, que está disponível no Anexo A. Apenas as células destacadas em verde foram utilizadas para o cálculo resultante das paredes, pois possuem área superior a 2 m². As esquadrias de código PJ2, PJ3, Po1, Po2 e VF1, embora possuam área superior a 2 m², não foram descontadas das áreas totais pois essas áreas de esquadrias já foram desconsideradas no cálculo do peso das paredes.

Tabela 11 – Cálculo de área total de parede

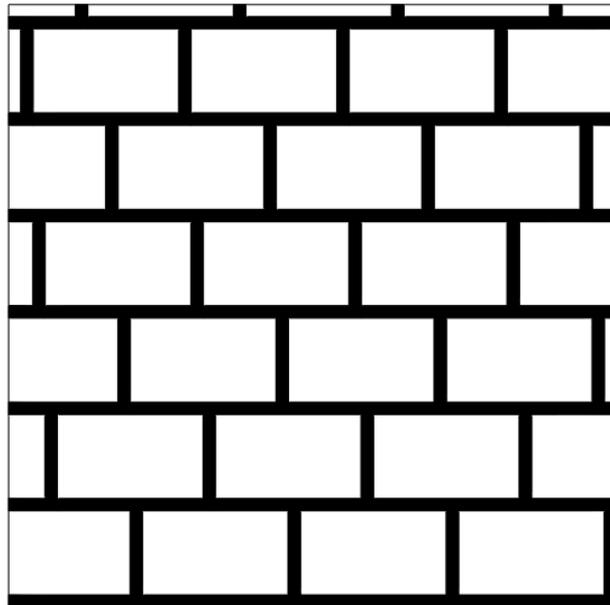
Áreas Totais			
Área total para tijolo/BCCA	Área total BCCA	Área Total de esquadrias	Área resultante
3513,06	-----	177,535	3335,525
-----	858,9225	33,12	825,8025

Fonte: Acervo do autor, 2018.

Esta tabela demonstra as áreas totais para o cálculo quantitativo de tijolos, blocos e argamassas. A partir da área resultante é que serão calculadas as quantidades de materiais.

O volume de argamassa utilizado na alvenaria convencional foi baseado nas dimensões do tijolo. Foi estimado para assentar apenas um tijolo $0,000874 \text{ m}^3$, tendo as espessuras das juntas 2 cm . O tamanho do tijolo usado é de $11,5 \times 14 \times 24 \text{ cm}$. Assim, para um metro quadrado de parede são necessários 22 tijolos (Figura 14). Já para a união dos BCCAs usados na escadaria estimou-se $0,00225 \text{ m}^3$ de argamassa, mantendo-se a mesma espessura das juntas e o bloco possuindo um tamanho de $12,5 \times 30 \times 60 \text{ cm}$. Então, para um metro quadrado de parede são necessários 5 blocos de BCCA (Figura 15).

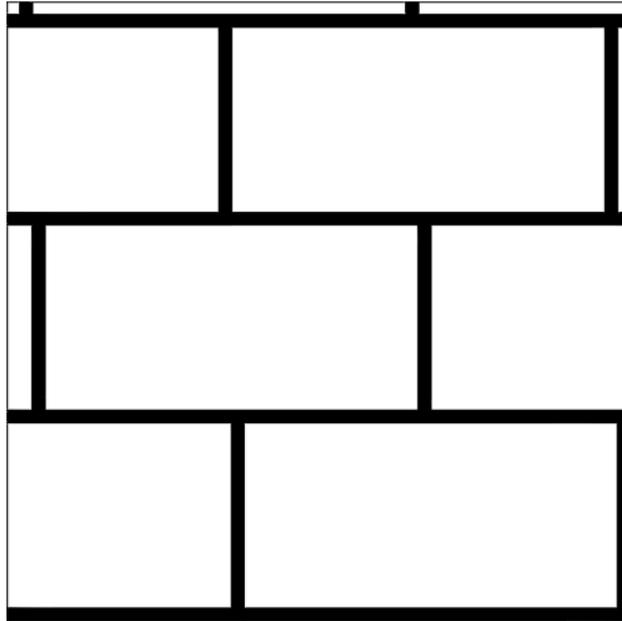
Figura 14 – Disposição dos tijolos em um metro quadrado



Fonte: Acervo do autor, 2018.

A imagem anterior apresenta uma área de 1 m^2 com as dimensões dos tijolos abordados no nosso estudo. Com ela foi possível definir a quantidade de tijolos necessária para 1 m^2 .

Figura 15 – Disposição dos blocos em um metro quadrado



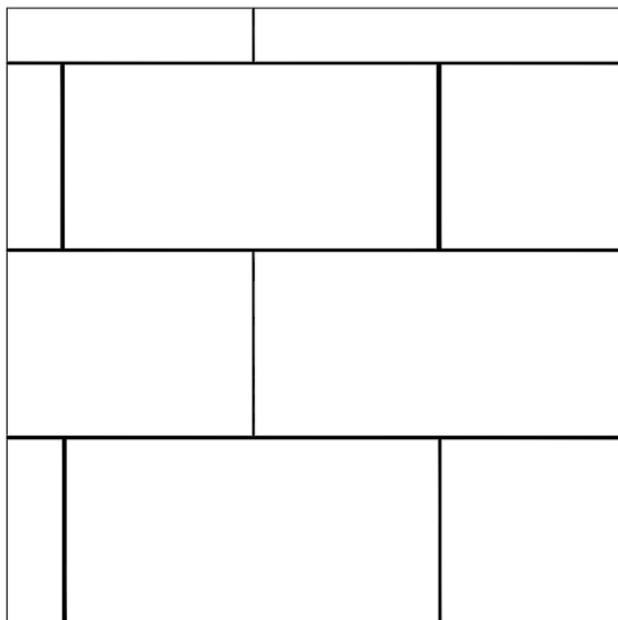
Fonte: Acervo do autor, 2018.

A imagem anterior apresenta um quadrado de um metro com as dimensões dos blocos abordados no nosso estudo. Com ela foi possível definir a quantidade de blocos necessária para 1 m².

Estimou-se, então, para o sistema construtivo convencional, a quantidade aproximada de 73.382 tijolos, e a quantidade aproximada de BCCA de 4.130 blocos, sendo aproximadamente 453,16 m³ de argamassa necessários para o assentamento dos tijolos e do BCCA.

Já para o sistema construtivo utilizando apenas BCCA e argamassa polimérica, a quantidade de blocos necessária é de aproximadamente 24.968, usando como base da estimativa 6 blocos a cada 1 m² de parede (Figura 16), e para o assentamento foram estimados 4,70 m³ de argamassa polimérica. Tendo em vista que cada filete de argamassa possui 10 mm de diâmetro, foi observado que para assentar um único bloco de concreto celular autoclavado é necessário $9,42 \times 10^{-5}$ m³ de argamassa.

Figura 16 – Disposição dos blocos de BCCA em um metro quadrado



Fonte: Acervo do autor, 2018.

A imagem anterior demonstra a disposição dos BCCA em 1 m² de parede com assentamento da argamassa polimérica.

A partir destes dados foi possível fazer uma estimativa de gastos entre os dois processos, tanto para o consumo de tijolos e blocos de concreto autoclavado quanto para argamassas e mão de obra necessária para execução das alvenarias. Para este levantamento usaremos a base de dados do Sinapi.

Para a estimativa de mão de obra foi utilizado uma equipe composta por um pedreiro e dois serventes e uma produtividade média na alvenaria convencional de 5,62 m²/h. Este levantamento de produtividade foi realizado pelas professoras Maggi, Santos e Barbosa (2008). Esta média pode ser traduzida em 123,64 tijolos por hora. Para os efeitos de cálculo foi atribuído que a mesma equipe formada por um pedreiro e dois serventes consiga assentar o mesmo número de BCCAs, que se traduz em diferentes produtividades, conforme a Tabela 8 demonstra. A partir destas produtividades foi possível custear a mão de obra necessária para execução das alvenarias (Tabela 12). Os valores de homem/hora foram baseados na tabela Sinapi de Santa Catarina, valores do mês de setembro, onde o valor do pedreiro é de R\$ 19,45 por hora trabalhada, e de R\$ 13,71 para um servente.

Tabela 12 – Estimativa de produtividade

Custos de homem/hora para a execução das alvenarias (Tijolo, argamassa convencional)				
	quantidade	Estimativa diaria (m ² /h)	Estimativa de tijolos por m ²	Produtividade (m ² /h)
Pedreiro	1	5,62	22	123,64
Servente	2			

Custos de homem/hora para a execução das alvenarias (BCCA, argamassa convencional)				
	quantidade	Total de Blocos assentados/h	Estimativa de tijolos por m ²	Produtividade (m ² /h)
Pedreiro	1	123,64	5	24,728
Servente	2			

Custos de homem/hora para a execução das alvenarias (BCCA, argamassa Polimerica)				
	quantidade	Total de Blocos assentados/h	Estimativa de tijolos por m ²	Produtividade (m ² /h)
Pedreiro	1	185,46	6	30,910
Servente	2			

Fonte: Acervo do autor, 2018.

A tabela acima mostra a estimativa de produtividade. Para a produtividade do BCCA assentado com argamassa polimérica foi atribuído um aumento de 50% usando informações encontradas em sites de fabricantes de argamassa polimérica.

Tabela 13 – Cálculo de custo de mão de obra

Custos de homem/hora para a execução das alvenarias (Tijolo, argamassa convencional)					
	quantidade	custo (R\$/h)	Estimativa diaria (m ² /h)	Quantidade (m ²)	Total
Pedreiro	1	19,45	5,62	3335,525	R\$ 27.817,80
Servente	2	27,42			

Custos de homem/hora para a execução das alvenarias (BCCA, argamassa convencional)					
	quantidade	custo (R\$/h)	Estimativa diaria (m ² /h)	Quantidade (m ²)	Total
Pedreiro	1	19,45	24,728	825,8025	R\$ 1.565,24
Servente	2	27,42			

Custos de homem/hora para a execução das alvenarias (BCCA, argamassa Polimerica)					
	quantidade	custo (R\$/h)	Estimativa diaria (m ² /h)	Quantidade (m ²)	Total
Pedreiro	1	19,45	30,910	4161,3275	R\$ 6.309,98
Servente	2	27,42			

Fonte: Acervo do autor, 2018.

A tabela anterior apresenta os custos de mão de obra para execução das alvenarias em ambos os processos, onde nota-se que a mão de obra para apenas a execução da alvenaria com BCCA é muito mais barata que a convencional.

As tabelas a seguir demonstram os custos de materiais utilizados para as vedações, sendo que a Tabela 14 está relacionada ao custo de tijolos e blocos para a alvenaria convencional e a estudada neste trabalho, e a Tabela 15 apresenta os custos de argamassas, tanto a convencional quanto a polimérica. Os preços dos tijolos, blocos e das duas argamassas foram baseados na tabela Sinapi de Santa Catarina, do mês de setembro, onde o preço do tijolo é de R\$ 0,75, o preço do bloco celular autoclavado é de 44,278 R\$/m², o preço da argamassa convencional é 0,34 R\$/kg e o preço da argamassa polimérica é de 4,44 R\$/kg.

Tabela 14 – Cálculo de custo de tijolo e BCCA

Custo de material utilizado no processo convencional					
Material	Quantidade (und.)	Custo (R\$/m ²)	Quantidade por m ²	Custo (und.)	Total
Tijolo	73.382,00	---	---	0,75	R\$ 55.036,50
BCCA	4.130,00	44,278	5	8,86	R\$ 36.573,63

Custo de material utilizado o novo processo					
Material	Quantidade (und.)	Custo (R\$/m ²)	Quantidade por m ²	Custo (und.)	Total
BCCA	24.968,00	44,278	6	7,38	R\$ 184.255,52

Fonte: Acervo do autor, 2018.

A tabela anterior demonstra os custos de cada processo, onde é notável que o custo de execução utilizando apenas BCCA neste parâmetro é consideravelmente elevado se comparado ao método convencional.

Tabela 15 – Cálculo de custo das argamassas

Calculo de custo de argamassas					
	Quantidade (m ³)	Densidade (kg/m ³)	Quantidade (kg)	Preço (R\$/kg)	Total
Argamassa convencional	76,80	1850	142.080,00	0,34	R\$ 48.307,20
Argamassa Polimerica	2,33	1850	4.310,50	4,44	R\$ 19.138,62

Fonte: Acervo do autor, 2018.

A tabela anterior demonstra os custos de cada processo. Aqui a argamassa polimérica tem uma significativa redução de custo e de peso. A densidade da argamassa

convencional foi atribuída uma média entre 2.400 e 1.400 kg/m³, e a densidade da argamassa polimérica também foi uma média entre os dados fornecidos por fabricantes.

Com todos os custos feitos é possível comparar os dois processos, levando em consideração cada aspecto abordado até agora.

Tabela 16 – Cálculo total das alvenarias

Custo total alvearia convencional		
Custo		
Tijolo	R\$	55.036,50
BCCA	R\$	36.573,63
Argamassa	R\$	48.307,20
Mão de Obra	R\$	29.383,05
		Total R\$ 169.300,38

Custo total Alvenaria com BCCA		
Custo		
BCCA	R\$	184.255,52
Argamassa	R\$	19.138,62
Mão de Obra	R\$	6.309,98
		Total R\$ 209.704,12

Fonte: Acervo do autor, 2018.

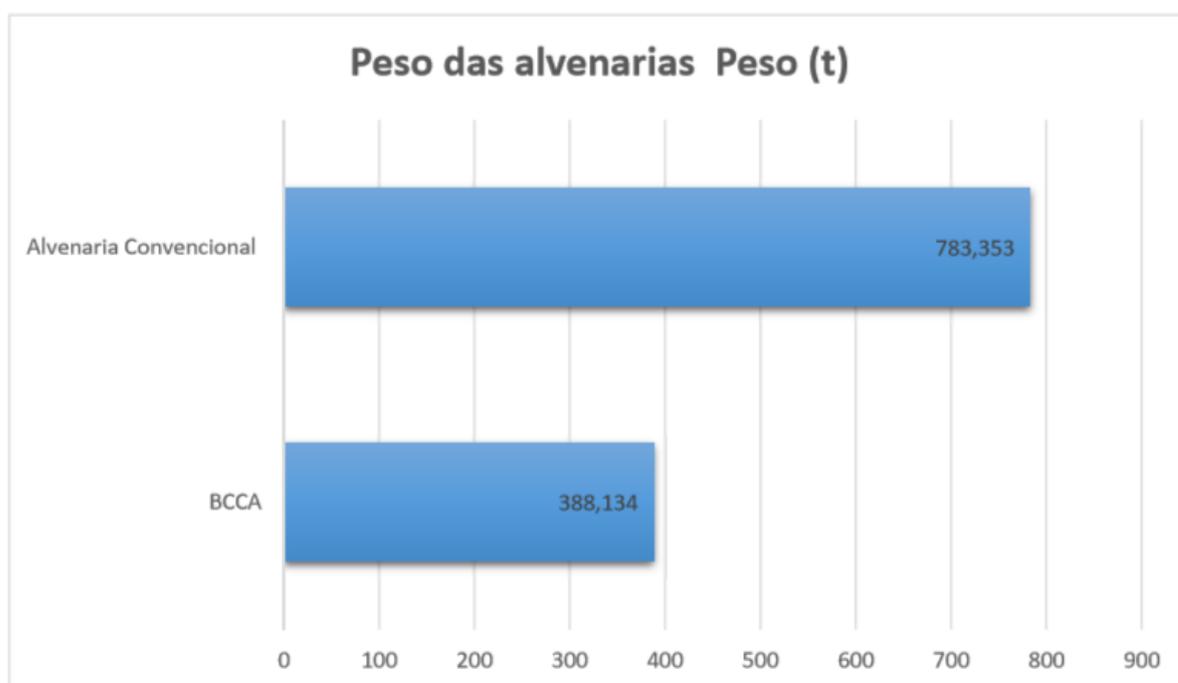
O processo convencional de execução de alvenarias mostrou ser muito superior em relação aos gastos. O processo de alvenaria utilizando apenas o BCCA com argamassa polimérica mostrou-se ser 43,56% mais barato, tendo em vista que neste aspecto não levamos em consideração uma possível redução das fundações do processo convencional, atentando ao fato de que o tijolo apresentou o dobro do peso em relação ao bloco de concreto celular autoclavado.

4 ANÁLISE DE DADOS E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

De acordo com os dados apresentados até agora, foi possível identificar que o tipo de alvenaria interfere consideravelmente no orçamento de um edifício.

A partir dos levantamentos do peso de cada alvenaria é possível identificar a diferença de peso que a utilização do BCCA causa (Gráfico 1). Como a diferença chegou a 50% entre o BCCA e a alvenaria convencional, pode alterar diversos aspectos da estrutura do edifício, podendo causar uma diminuição no uso de aço, nos tamanhos de vigas e pilares, e principalmente nas fundações.

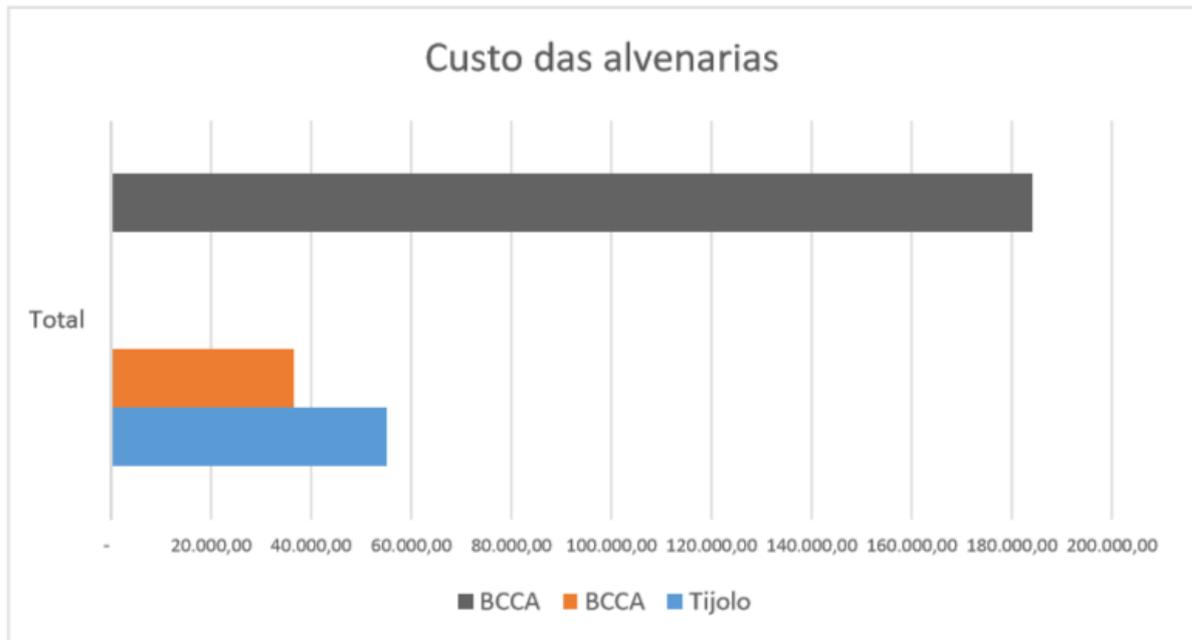
Gráfico 1 – Comparativo de pesos entre os sistemas construtivos



Fonte: Acervo do autor, 2018.

No entanto, o preço do BCCA ainda não o torna sugestivo em uma primeira avaliação, conforme o Gráfico 2 apresenta (em cinza o custo total da alvenaria utilizando apenas o BCCA, em laranja e azul os custos para a alvenaria convencional). O BCCA tem um preço muito elevado quando comparado ao tijolo. O custo do material para fazer as alvenarias apenas com o BCCA chegou a ser 101,13% maior do que com a alvenaria convencional.

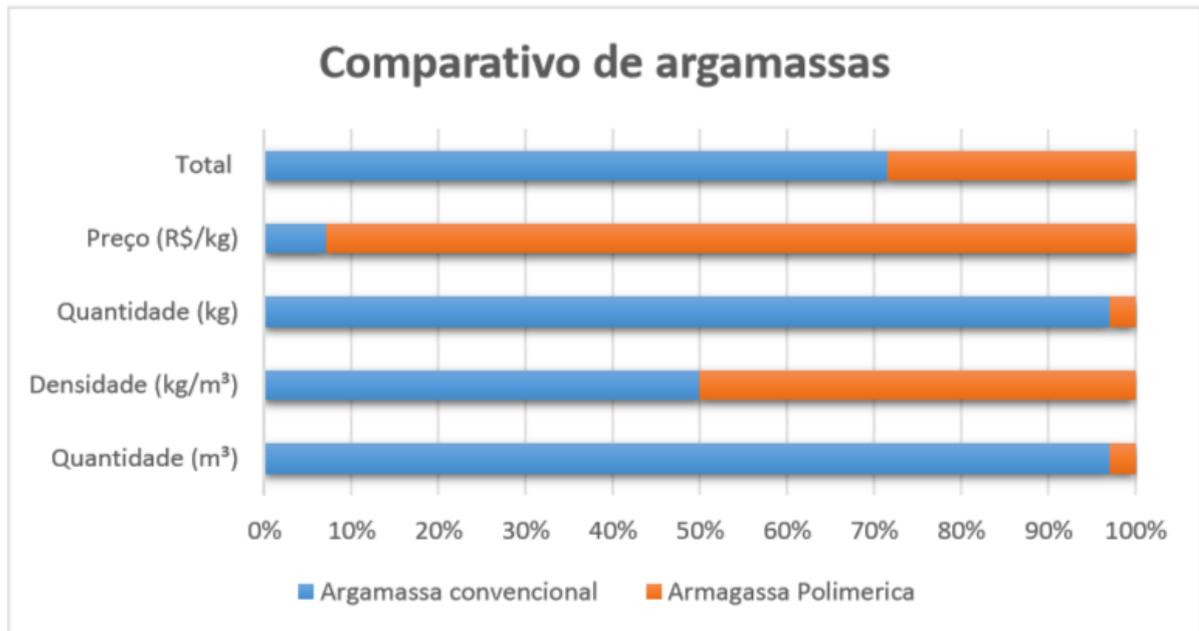
Gráfico 2 – Comparativo de preços das alvenarias



Fonte: Acervo do autor, 2018.

No entanto, como foi atribuído o uso da argamassa polimérica para o assentamento dos blocos visando a uma maior produtividade e redução de material e desperdícios, a utilização desta argamassa causou uma grande diferença no orçamento. Embora tenha um preço por quilo mais elevado que a argamassa convencional, a quantidade de argamassa necessária é drasticamente inferior em relação à argamassa convencional. O Gráfico 3 relaciona diversos aspectos das duas argamassas, onde é possível observar que o preço da argamassa convencional é de aproximadamente 8% do custo da argamassa polimérica, porém a quantidade de argamassa convencional necessária chega a 96% a mais do que a argamassa polimérica. Temos também que o custo total para assentamento com a argamassa polimérica é de 10% do valor de custo de assentamento da argamassa convencional.

Gráfico 3 – Comparativo de argamassas

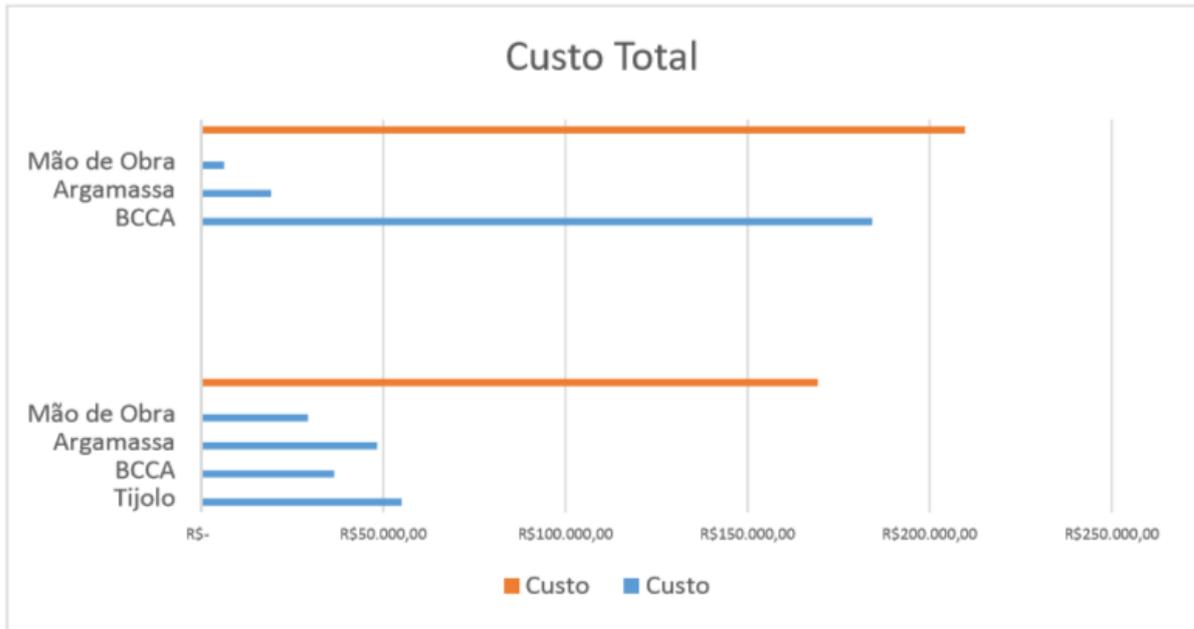


Fonte: Acervo do autor, 2018.

Com isso foi possível comparar os dois processos construtivos levando em consideração também a mão de obra necessária para o assentamento das alvenarias. Assim, o processo construtivo sugerido obteve um aumento no orçamento de 23,86%, o que pode ser traduzido em R\$ 40.395,10 demonstrando que, o custo direto do BCCA sendo bem maior, torna o conjunto todo é inviável, no entanto esse processo pode reduzir ainda mais o orçamento se aliado à redução de custos na estrutura do edifício podendo viabilizá-lo.

Este processo ajuda também no cronograma da obra, pois a produtividade gerada pelo uso do conjunto BCCA/ argamassa polimérica aumentou drasticamente, reduzindo o tempo levado para a execução das alvenarias.

Gráfico 4 – Custo da obra



Fonte: Acervo do autor, 2018.

Ressalta-se ainda que o BCCA possui outras qualidades, conforme já descrito no item 2.2, como uma melhor qualidade acústica e térmica.

5 CONCLUSÃO

Após a completa análise, verificou-se que o processo construtivo sugerido possui diversas vantagens quando comparado com o processo tradicional, pois o BCCA possui uma transmitância térmica menor que o tijolo vazado, aumentando o conforto térmico e apresentando também um conforto acústico maior, no entanto apresentou um custo de implantação maior.

Assim, respondendo ao questionamento inicial, o uso do bloco de concreto celular assentado com argamassa polimérica foi muito mais elevado que a alvenaria convencional, tendo um aumento de custo de 23,86%.

Observou-se que o custo direto do bloco celular autoclavado é muito superior ao do tijolo, porém ele apresentou uma produtividade muito maior, fazendo com que o custo de execução caia.

Pela diferença de densidade entre o BCCA e o tijolo, o peso gerado pelo BCCA é de metade do peso gerado pelo tijolo, podendo reduzir os gastos com a estrutura do edifício, tornando-o mais viável economicamente.

A argamassa polimérica desempenhou muito melhor que a argamassa convencional, aumentando a produtividade, custo total e a quantidade de material necessária foram muito inferiores. Como o peso total da argamassa polimérica também foi menor, isso ajuda a reduzir ainda mais o peso total da obra, reduzindo os gastos com estrutura.

Como já foi destacado, o seu uso no Brasil é bastante comum, sendo encontrado em escadarias para proteção contra incêndio. Portanto, expandir seu uso para todas as alvenarias do edifício é vantajoso em diversos aspectos, como na velocidade de execução, no custo geral da obra e em redução de peso das alvenarias, proporcionando maior comodidade ao usuário graças ao seu isolamento térmico e acústico superior ao da alvenaria convencional.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A partir dos resultados obtidos neste estudo, são feitas as seguintes sugestões para futuros estudos:

- Calcular as fundações da estrutura para os dois sistemas de vedação e avaliar as diferenças de cargas produzidas pela implantação do BCCA;
- Calcular a estrutura do edifício para os dois sistemas de vedação e avaliar as diferenças nas dimensões de vigas e pilares;
- Avaliar a redução de custos proporcionada pelo uso de vedações mais leves.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, L. A. S. **Uma proposta metodológica para a inspeção da qualidade em blocos cerâmicos para alvenaria em canteiros de obras**. 2002. 64 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)-Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Acesso em: 10 maio 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.281**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos. Rio de Janeiro, 2005

_____. **NBR 13.438**: Bloco de concreto celular autoclavado - Especificações. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 13.440**: Bloco de concreto celular autoclavado – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 16.697**: Cimento Portland – Requisitos. Rio de Janeiro, 2018.

_____. **NBR 15.270**: Componentes cerâmicos. Rio de Janeiro, 2017.

_____. **NBR 15.575**: Sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE. Rio de Janeiro, 2008.

_____. **NBR 16.590**: Composto polimérico para assentamento para alvenaria de vedação. Rio de Janeiro, 2017.

_____. **NBR 7.175**: Cal hidratada para argamassas – Requisitos. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 7.211**: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR 9.935**: Agregados – Terminologia. Rio de Janeiro, 2011.

BIOMASSA. **Foto Biomassa Assentamento de Blocos**. 2018. Disponível em: <<https://biomassado brasil.com.br/publicacao-de-normas-de-composto-polimerico-para-assentamento-de-alvenaria-de-vedacao/>>. Acesso em: 22 set. 2018

CAMPOS, Fernando Guerra Grossi; SANTOS, Raquel Fortes; SANTOS, Flávia Costa Pinto e. A importância da pesquisa científica na formação profissional dos alunos do curso de Educação Física do Unileste MG. **Movimentum**, Cel. Fabriciano, v. 4, n. 2, p. 1-11, fev. 2009. Disponível em: <https://www.unilestemg.br/movimentum/Artigos_V4N2_em_pdf/Campos_Santos_Santos_Movimentum_v4_n.2_2_2009.pdf>. Acesso em: 3 jun. 2018.

CIVIL, Construção. **Construção Civil**. 2018. Disponível em: <<http://www.construcaocivil.biz/mao-de-obra/pedreiro/construcao-civil-s615.html>>. Acesso em: 22 set. 2018

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR. **IN 009: SISTEMA DE SAÍDAS DE EMERGÊNCIA.** Florianópolis: Diretoria de Atividades Técnicas, 2014.

CONSTRUÇÃO Mercado. **Armazenagem de material.** 2018. Disponível em: <<http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/121/estoques-sob-controle-confira-como-armazenar-corretamente-cada-tipo-299518-1.aspx>>. Acesso em: 1 jun. 2018.

COSTA, Marianne R. M. Maron da. Tecnologia de argamassas. In: Universidade Federal do Paraná, 2016, p. 1-106. Curitiba. **Apresentação.**

COSTA, W. J. V.; GONÇALVES, R. J.; SILVA, K. P. G.; TEIXEIRA, D. G. **Processos produtivos na construção civil:** otimização do processo de reboco de fachada em edificação. In: XXXIV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2014, Curitiba. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2014_TN_STO_195_101_25756.pdf>. Acesso em: 31 maio 2018.

CUNHA, Gabriel de Castro. **A importância do setor de construção civil para o desenvolvimento da economia brasileira e as alternativas complementares para o *fundring* do crédito imobiliário no Brasil.** 2012. 81 f. Monografia (Especialização)-Curso de Economia, Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

FIRJAN. Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro. **Construção civil:** desafios 2020. Rio de Janeiro: Firjan, 2014. Disponível em: <<http://www.sindicem.com.br/wp-content/uploads/2017/07/sistema-firjan-construcao-civil-desafios-2020-2015.pdf>>. Acesso em: 24 abr. 2018.

FRANCO, L. S. **O projeto das vedações verticais:** características e a importância para a racionalização do processo de produção. 1998. (Seminário Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios: Vedações Verticais). Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Universidade de São Paulo.

FREITAS JR., José de Almendra. **Materiais de construção.** Curitiba: José de Almendra Freitas Jr., 2013. 93 slides, color. Disponível em: <http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/1/15/TC031_Aditivos_.pdf>. Acesso em: 31 maio 2018.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

HELENE, P. R. L.; ANDRADE, T. Concreto de cimento Portland. In: ISAÍÁ, G. C. (Ed.). **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia dos materiais.** São Paulo: Ibracon, 2007. 2 v. 1.712 p.

KNACKFUSS, M. G. **Construção na economia brasileira**: participação do setor no investimento nacional. 2010. 53 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil)-Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

LEROY Merlin. **Foto de argamassa polimérica para alvenaria de vedação**. 2018. Disponível em: <https://www.leroymerlin.com.br/argamassa-polimerica-cinza-3kg-biomassa-do-brasil_89200482>. Acesso em: 31 maio 2018.

_____. **Foto de bloco celular autoclavado**. 2018. Disponível em: <https://www.leroymerlin.com.br/bloco-de-concreto-celular-autoclavado-60x30x7,5cm-precon_87519145>. Acesso em: 2 maio 2018.

MAGGI, Patricia Lizi de Oliveira; SANTOS, Ângela Mariani R. dos; BARBOSA, Juliana de Araújo. Medida de produtividade de mão de obra para alvenaria e aplicação em planejamento pelo método das linhas de balanço. **Da Vinci**, Londrina, v. 5, n. 1, p. 121-132, jan. 2008.

MARINOSKI, Deivis Luis. **RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO DE PROPRIEDADES TÉRMICAS DE PAREDES DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO EM BLOCOS DE CONCRETO CELULAR AUTOCLAVADO**. Florianópolis: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, 2015. 8 p.

MARTINS, Edmar Feliz Borges. **Estudo dos efeitos da composição e das dimensões no comportamento mecânico das argamassas poliméricas de agregados leves**. 2010. 170 f. Dissertação (Mestrado)-Curso de Engenharia Civil, Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciência e Tecnologia, Lisboa, 2010. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10362/4897>>. Acesso em: 9 jun. 2018.

MENEZES, M. S. **Avaliação do desempenho térmico de habitações sociais de Passo Fundo – RS**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)-Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo, 2006.

MERCADO Livre. **Foto de aplicação da argamassa polimérica**. 2018. Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-686271503-argamassa-polimerica-super-colante-3kg-biomassa-_JM>. Acesso em: 31 maio 2018.

MINAS Jr. **Foto de bloco cerâmico**. 2018. Disponível em: <<http://www.minasjr.com.br/do-que-sao-feitos-os-tijolos>>. Acesso em: 20 maio 2018.

MOTA, Jacqueline Ávila Ribeiro. **Influência da junta vertical na resistência a compressão de prismas em alvenaria estrutural de blocos de concreto e blocos de concreto celular autoclavado**. 2001. 210 f. (Mestrado em Engenharia de Estruturas)-Universidade Federal de Minas Gerais, 2001.

NICOLAU, Marcos. Pesquisa aplicada à comunicação em mídias digitais – Demid. **Temática**, João Pessoa, v. 1, n. 1, p. 1-13, dez. 2005. Disponível em: <http://www.insite.pro.br/elivre/pesquisa_cientifica_midiasdigitais.pdf>. Acesso em: 3 jun. 2018.

PAIVA, Sérgio Carvalho; GOMES, Eduardo Alves de Oliveira; OLIVEIRA, Romilde

Almeida de. Controle de qualidade da cal para argamassas: metodologias alternativas. **Ciências & Tecnologia**, Recife, v. 1, n. 1, p. 1-11, dez. 2007. Disponível em: <https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/12245988/artigo8.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1527893417&Signature=M/WM6kq2HwKLI27GbxG7TSCd20c=&responsecontentdisposition=inline;filename=Controle_de_qualidade_da_cal_para_argama.pdf>. Acesso em: 1 jun. 2018.

PEREIRA, Manuel F. Paulo et al. **Caracterização de argamassas para assentamento de alvenaria de tijolo**, Portugal, p. 1-12, dez. 2010. Disponível em: <http://www.apfac.pt/congresso2010/comunicacoes/Paper%2063_2010.pdf>. Acesso em: 29 maio 2018.

PEREIRA, Caio. **Principais tipos de sistemas construtivos utilizados na construção civil**. Escola Engenharia, 2018. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/tipos-de-sistemas-construtivos>>. Acesso em: 31 maio 2018.

PRECON. **Blocos CCA**. Disponível em: <<http://precon.com.br/portal/blocos-precon/>>. Acesso em: 14 set. 2018.

ROCHA, Rebeca Silva. **Avaliação e comparação das propriedades mecânicas de uma argamassa pronta não cimentícia para alvenaria com e sem função estrutural frente às argamassas convencionais**. 2012. 87 f. TCC (Graduação)-Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2012.

RODRIGUES, Conrado de Souza. **Eficiência térmica é a virtude do CCA**. 2012? Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/eficiencia-termica-e-a-maior-virtude-do-cca>>. Acesso em: 18 abr. 2018.

ROTTA, R. **Desempenho térmico de edificações multifamiliares de interesse social em conjuntos habitacionais na cidade de Santa Maria – RS**. 2009. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

SABBATINI, Fernando Henrique. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia**. São Paulo, 1989. 207 f. Dissertação (Doutorado em Engenharia)-Setor de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

SILVA, Alan da; FELBINGER, Barbara de Carvalho; AMEIDA, Mayra; GINO, Monica; BATISTA, Thiago. Utilização de argamassa polimérica no assentamento de tijolos ou blocos. **AEDB**, Resende, v. 1, n. 1, p. 1-9, maio 2015.

TRAMONTINI, A. P. **Avaliação experimental dos métodos de prevenção de fissuras na interface da alvenaria de vedação de pilar de concreto**. São Paulo. Dissertação de Mestrado-Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, 2005.

TRISTÃO, Fernando Avancini. **Influência dos parâmetros texturais das areias nas propriedades das argamassas mistas de revestimento**. 286 f. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)-Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

TIJOTELHA. **Tijolo vazado 9 Furos**. Disponível em: <<http://www.tijotelha.com.br/tijolo-9furos.html>>. Acesso em: 25 jul. 2018.

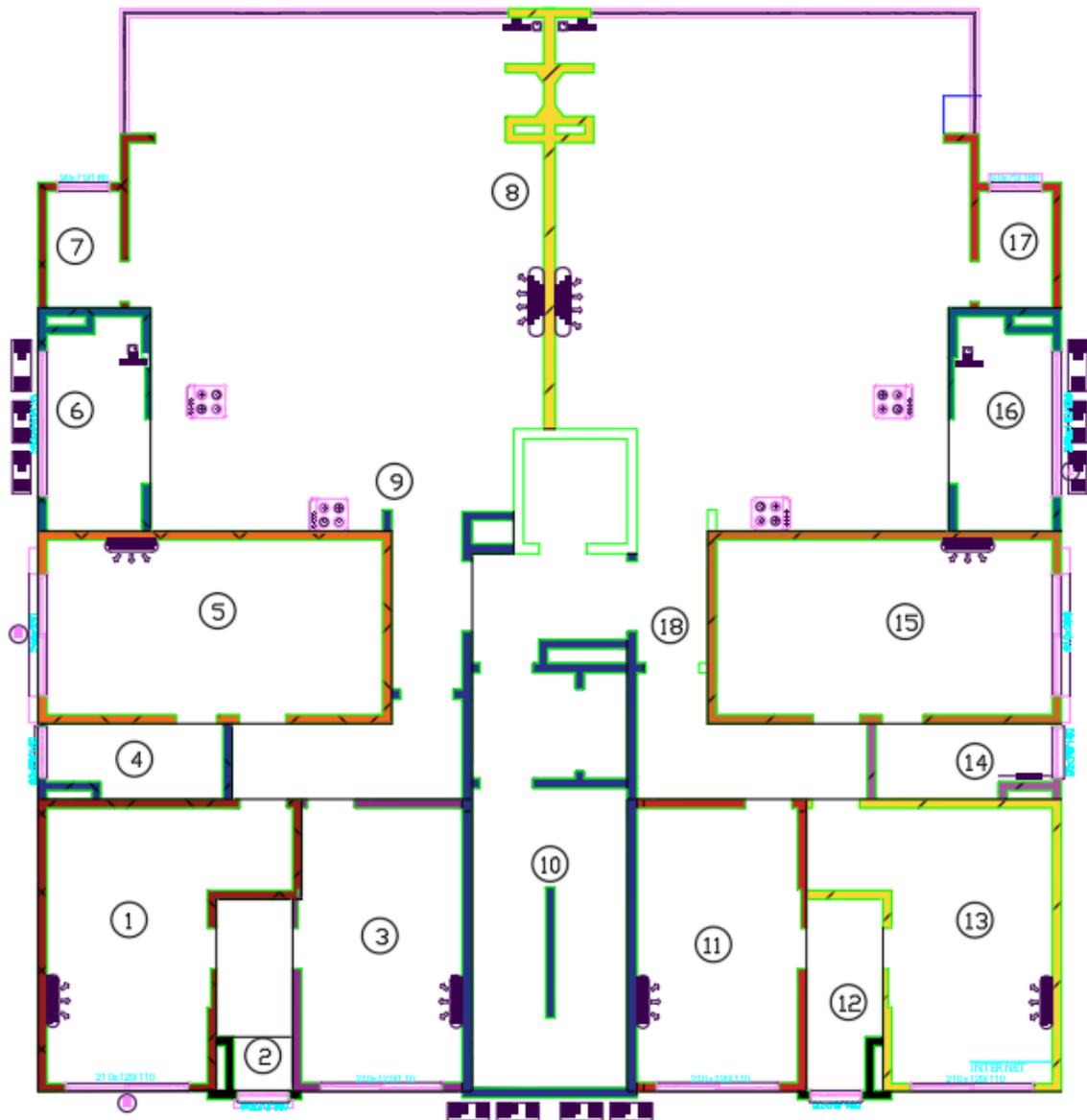
MARINOSKI, Deivis Luis. Relatório de avaliação de propriedades térmicas de paredes de alvenaria de vedação em blocos de concreto celular autoclavado. **Laboratório de Eficiência Energética em Edificações**, Florianópolis, v. 1, n. 1, p. 1-8, nov. 2015.

SANTOS, Joaquim César Pizzutti dos; KOTHE, Kamila Kappaun; MOHAMAD, Gihad; VAGHETTI, Marcos Alberto Oss; RIZZATTI, Eduardo . Comportamento térmico de fechamentos em alvenaria estrutural para a Zona Bioclimática 2 brasileira. **Matéria**, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 1-18, 2 jul. 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rmat/v20n4/1517-7076-rmat-20-04-01030.pdf>>. Acesso em: 17 ago. 2018.

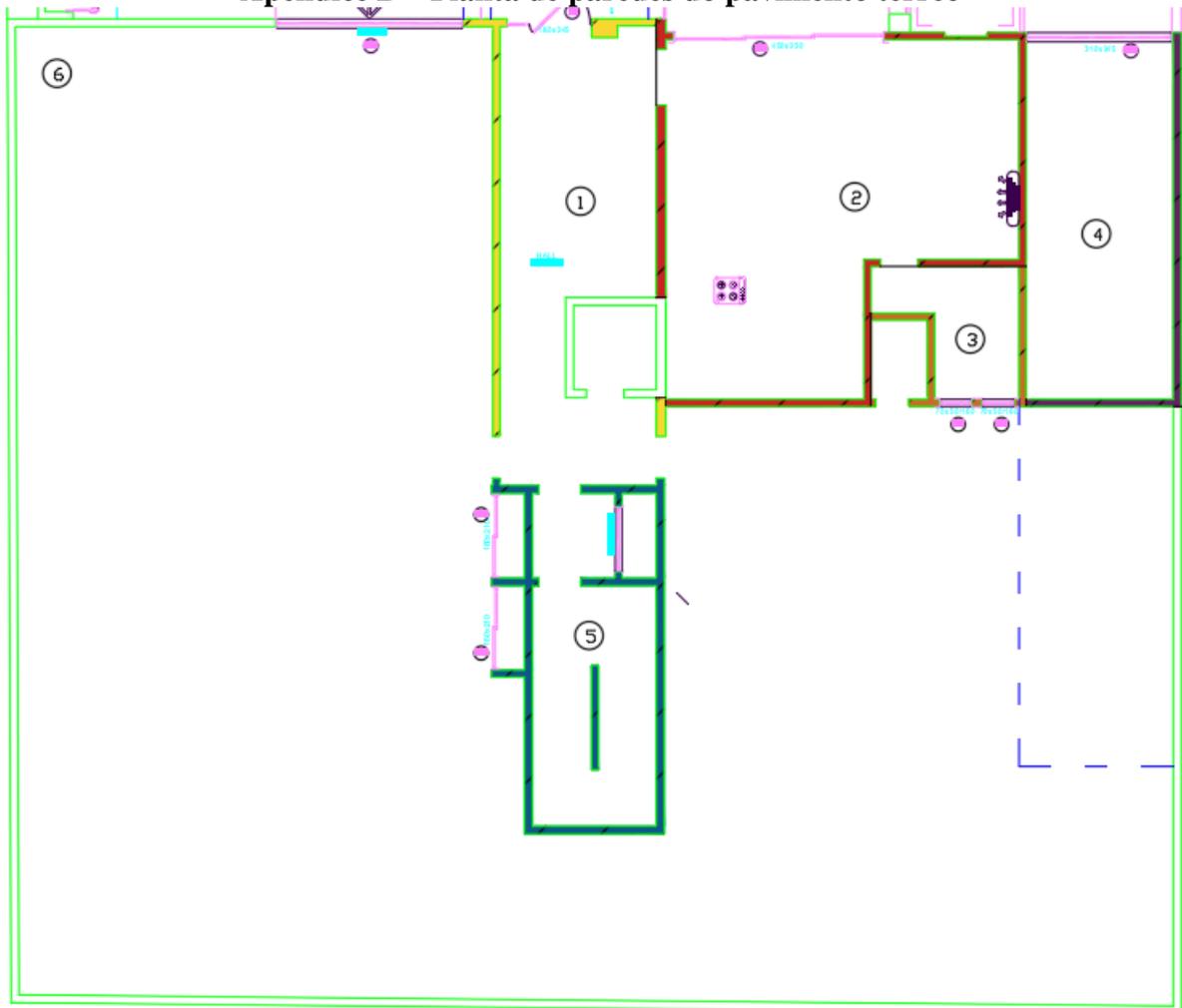
VIEIRA, Eduardo Eugenio Gouvêa; KAUFFMANN, Roberto. Construção Civil: Desafios 2020. **Firjan**, Rio de Janeiro, v. 01, n. 01, p.01-141, jul. 2014.

XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 16., 2009, Fortaleza. **O custo da perda de blocos/tijolos e argamassa da alvenaria de vedação**: estudo de caso na construção civil. Fortaleza: UPE, 2009. 150 p. Disponível em: <<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:KP8b4P4lliQJ:https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/download/1157/1157+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>>. Acesso em: 31 maio 2018.

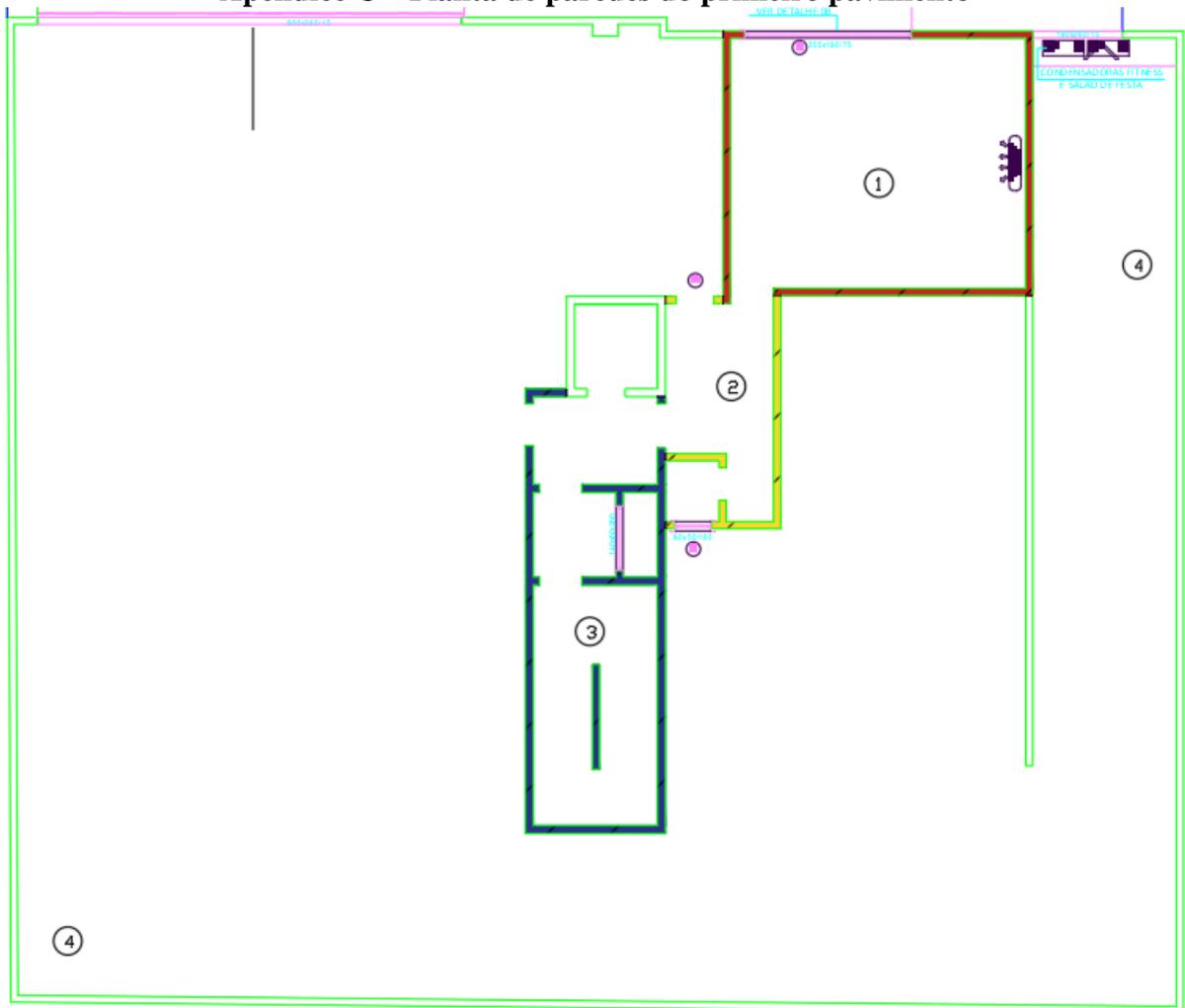
Apêndice A – Planta de paredes do pavimento tipo



Fonte: Acervo do autor, 2018.

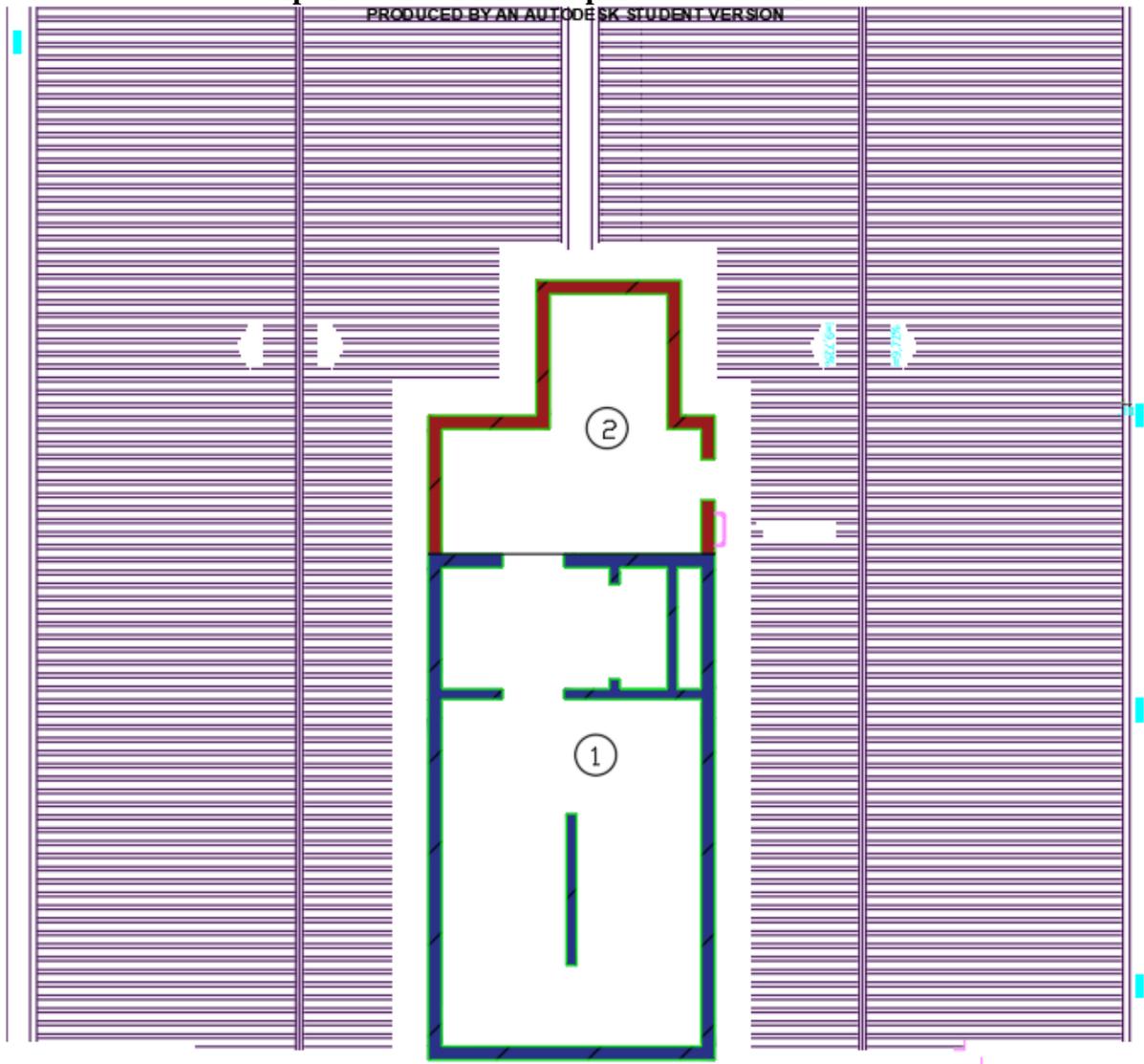
Apêndice B – Planta de paredes do pavimento térreo

Fonte: Acervo do autor, 2018.

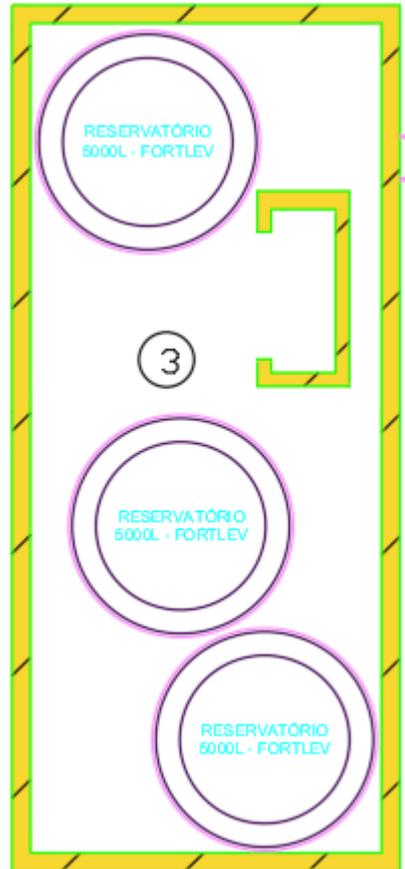
Apêndice C – Planta de paredes do primeiro pavimento

Fonte: Acervo do autor, 2018.

Apêndice D – Planta de paredes da cobertura



Fonte: Acervo do autor, 2018.

Apêndice E – Planta de paredes do volume de reservatório

Fonte: Acervo do autor, 2018.

ANEXO A – Quadro de esquadrias

COD	TIPO	LARGURA	ALTURA	PARAPEITO	MATERIAL	QTD
J1	Janela máximo-ar - Ver Detalhe 07	100	70	160	Esquadria de Alumínio Pintado Branco e Vidro Miniboreal ou Verde e Tela Mosqueteira de Recolher	6
J2	Janela de correr duas folhas e Brise para ventilação permanente - Linha Nova - Ver Detalhe 02	250	110	120	Esquadria de Alumínio Pintado Branco e Vidro Miniboreal ou Verde e Tela Mosqueteira	2
J3	Folha fixa até 1,10m e acima disso Janela de correr 2 folhas - Ver Detalhe 01	210	230	-	Esquadria de Alumínio Pintado Branco, Veneziana de Recolher, Vidro Verde e Tela Mosqueteira	2
J4	Janela fixa	140	80	200	Tela Aramada Quebra-chamas, Abertura Junto ao Teto	5
J5	Janela de correr 2 folhas, linha Nova	210	120	110	Esquadria de Alumínio Pintado Branco, Veneziana de Recolher, Vidro Verde e Tela Mosqueteira	4
J6	Janela basculante	80	50	160	Esquadria de Alumínio Pintado Branco e Vidro Miniboreal	1
J8	Estrutura Glazing, fixo até 1,10m, máximo-ar e fixo novamente - Ver Detalhe 08	355	190	75	Vidro laminado Verde	1
J9	Vidro Fixo	80	160	50	Alumínio Pintado Branco e Vidro Miniboreal	1
J10	Janela basculante	70	50	160	Esquadria de Alumínio Pintado Branco e Vidro Miniboreal ou Verde	2
P1	Porta de abrir	70	210	-	MDf Emassado para Pintar	5
P2	Porta pivotante com eixo em 0,20m	120	230	-	MDf Emassado para Pintar	2
P3	Porta de abrir	90	210	-	MDf Emassado para Pintar	2
P4	Porta de abrir	90	210	-	Corta Fogo	8
P5	Porta de abrir	80	210	-	MDf Emassado para Pintar	7
P6	Porta de correr	70	210	-	MDf Emassado para Pintar	4
P7	Porta pivotante com eixo em 0,25m e parte em Vidro Fixo - Ver Detalhe 03	180	245	-	Inox e Vidro Laminado Verde	1
P8	Porta de Abrir	60	180	25	Vidro Pintado cor a Definir	2
P9	Porta de Abrir	90	210	-	MDf Emassado para Pintar	3
P10	Porta de abrir - Linha Universal	60	150	-	Veneziana em Alumínio Pintado Branco	1
P11	Porta de Abrir	95	210	-	MDf Emassado para Pintar	1
P12	Porta de Abrir	120	230	-	MDf Emassado para Pintar	1
P13	Porta de correr	110	210	-	Vidro Incolor	2
P14	Porta de abrir	70	210	-	Madeira e Veneziana em Alumínio Pintado Branco para Ventilação Permanente	1
P15	Porta de Correr duas folhas correm	180	210	-	Veneziana em Alumínio Pintado Branco para Ventilação Permanente	2
P12	Porta de correr 2 folhas correm - Linha Universal	210	170	-	Veneziana em Alumínio Pintado Branco	1
P13	Porta,janela 3 folhas, todas correm, sem travessa - Linha Gold	450	230	-	Alumínio Pintado Branco, Vidro Laminado Verde e Tela Mosqueteira	1
P01	Portão Basculante	400	245	-	Ferro Galvanizado com Pintura Eletrolítica Branca e Metalon na cor branca de 0,05m a cada 0,05m	1
P02	Portão Basculante	310	245	-	Ferro Galvanizado com Pintura Eletrolítica Branca e Metalon na cor branca de 0,05m a cada 0,05m	1
VF1	Vidro Fixo	79	255	-	Vidro Incolor	1

Fonte: Acervo do autor, 2018.