

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

RICARDO MENEZES REIS

**ANÁLISE COMPARATIVA DA PAREDE DUPLA DE CONCRETO PRÉ-
FABRICADA E ALVENARIA CONVENCIONAL**

São Luís

2019

RICARDO MENEZES REIS

**ANÁLISE COMPARATIVA DA PAREDE DUPLA DE CONCRETO PRÉ-
FABRICADA E ALVENARIA CONVENCIONAL**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Airton Egydio Petinelli

São Luís

2019

Reis, Ricardo Menezes.

Análise comparativa da parede dupla de concreto pré-fabricada e alvenaria convencional / Ricardo Menezes Reis. – São Luís, 2019.

109 f.

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual do Maranhão, 2019.

Orientador: Prof. Me. Airton Egydio Petinelli.

1.Alvenaria. 2.Orçamento. 3.Pré-fabricada. I.Título

CDU: 693

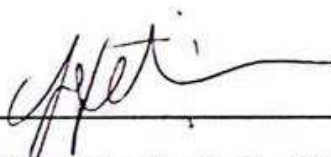
RICARDO MENEZES REIS

ANÁLISE COMPARATIVA DA PAREDE DUPLA DE CONCRETO PRÉ-FABRICADA E ALVENARIA CONVENCIONAL

Monografia apresentada junto ao curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: 10 / 07 / 2019

BANCA EXAMINADORA



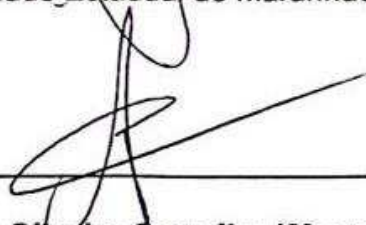
Prof. Me. Airtón Egydio Petinelli (Orientador)

Universidade Estadual do Maranhão



Prof. Esp. João Aureliano de Lima Filho (1º examinador)

Universidade Estadual do Maranhão



Prof. Ma. Adriana Oliveira Carvalho (2º examinador)

Universidade Estadual do Maranhão

Aos meus pais por terem contribuído para que esse momento se concretizasse, por todos os ensinamentos repassados e investimentos que fizeram em minha pessoa. Amo vocês.

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, agradeço a Deus, por ter me concebido o dom da vida e me permitir viver até aqui para essa conquista.

À Família Menezes, em especial à melhor mãe do mundo e meu irmão Davi, por sempre estarem comigo e eu saber que nunca vão me abandonar, por ser a melhor família que poderia ter na vida, por sempre vibrarem a cada conquista minha. Tenho orgulho em ser Menezes, muito obrigado.

À Família Reis, por todos os momentos vividos desde a infância, em especial ao meu avô Amirton da Silva Reis, pela sua alegria e grande referência de homem que é para mim, ao meu pai Raimundo Cosme dos Reis Neto, por todos os ensinamentos repassados e investimentos feitos na minha pessoa, e à minha madrastra Josefina Silva Oliveira, por ser uma segunda mãe para mim.

Aos meus grandes e melhores amigos, Marcelo, Davi e Gabriel, por me ajudarem nos momentos de dificuldades, sempre me apoiarem, e por todos os momentos alegres vividos juntos, desde a escola até a vida acadêmica.

Aos meus grandes amigos da UEMA e da vida, em especial, a Lucas Ayres, Marcos Filho, Clodoaldo e Cleison Gomes, por terem feito parte de forma significativa de toda essa caminhada, muito obrigado.

À minha ex-namorada Anatéssia Miranda, por ter estado comigo durante quase toda minha vida acadêmica, me ajudando em todos os momentos de dificuldades vividos, e me ensinado a ser uma pessoa melhor.

À OPUS Engenharia EJ e todos os seus membros, por terem contribuído imensamente na minha formação acadêmica, profissional e pessoal, por todo aprendizado obtido em um pouco mais de 2 anos nessa empresa, que jamais esquecerei e levarei para sempre dentro do meu coração.

Aos melhores professores que já tive na vida, em especial, Airton Egydio Petinelli, meu orientador; Ivar Hortegal; Adriana Carvalho; e Ronaldo Sérgio, pelos grandes ensinamentos repassados, que levarei para sempre comigo.

À UEMA, por ter me proporcionado vivência de campo, na construção da nova entrada da Universidade, onde pude aprender muito com o engenheiro Márcio Sena, lhe agradeço novamente por todos os ensinamentos repassados.

A todos que de alguma forma contribuíram para eu chegar até aqui.

"O futuro já está aqui. Apenas não está distribuído de maneira uniforme."

William Gibson

RESUMO

Este trabalho apresenta como objetivo principal realizar uma análise comparativa da parede dupla de concreto pré-fabricada e alvenaria convencional, através de um estudo de caso com a aplicação dos dois sistemas construtivos em um projeto de uma residência unifamiliar padrão-baixo tipo R1-B de 50,20 m². Para isso, foram apresentadas as características de cada método, bem como suas vantagens e desvantagens, e coletados dados referentes aos custos de implantação e fornecimento dos materiais em banco de dados e no mercado. O estudo teve como foco comparar os dois métodos nos aspectos financeiro, temporal e ambiental, e concluir qual se torna mais vantajoso para a situação dada. A comparação foi realizada por meio da elaboração de orçamentos analíticos e cronogramas físico-financeiro, e foram consideradas somente três etapas: paredes e painéis, revestimento e superestrutura. Ficou evidente que os gastos com mão de obra e o tempo de execução do empreendimento utilizando a parede dupla de concreto em projeto são bastante reduzidos quando essa é adotada. Porém, o sistema construtivo ainda enfrenta como empecilhos o pouco conhecimento no mercado, pouca quantidade de indústrias no país e a necessidade inicial de grande aporte financeiro.

Palavras-chave: Alvenaria. Orçamento. Pré-fabricada. Comparativo. Construção. Parede dupla.

ABSTRACT

The main objective of this work is to perform a comparative analysis between the double prefabricated concrete wall and conventional masonry, through a case study with the two constructive systems application in a single-family standard-low type R1-B residential project of 50.20 m². Thus, the characteristics of each method were presented, as well as its advantages and disadvantages, and data were collected regarding the implantation costs and material supply in database and in the market. The study aimed to compare the two methods in the financial, temporal and environmental aspects, and to conclude which one is more advantageous for the given situation. The comparison was made through the preparation of analytical budgets and physical-financial planning and three steps were considered: walls and panels, coating and superstructure. It was evident that the labor costs and time of project execution using the concrete double wall in project are quite reduced when adopted. However, the construction system still faces as hindrances the little knowledge in the market, few industries in the country and the initial need for large financial investment.

Key-words: Masonry. Budget. Prefabricated. Comparative. Construction. Double wall.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Tenda feita com peles de animais.....	18
Figura 2 - Exemplo de casa de adobe na Chapada das Mesas/MA.....	19
Figura 3 - Zigurate de Ur, Iraque	19
Figura 4 - Pirâmides do Egito	20
Figura 5 - Coliseu de Roma.....	20
Figura 6 - Obra em alvenaria convencional do programa “Minha Casa, Minha Vida” em Santana do Piauí/PI.....	22
Figura 7 - Obra em alvenaria estrutural.....	22
Figura 8 - A implementação da racionalização construtiva em um programa de evolução tecnológica envolvendo a organização do processo de projeto	25
Figura 9 - Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (ECO-92), realizada de 3 a 14 de junho de 1992 na cidade do Rio de Janeiro/RJ	27
Figura 10 - Execução de alvenaria de vedação	30
Figura 11 - Classificação quanto ao número de ligações.....	32
Figura 12 - Bloco cerâmico maciço	34
Figura 13 - Bloco cerâmico com furos prismáticos.....	35
Figura 14 - Bloco cerâmico com furos cilíndricos	35
Figura 15 - Tijolo de solo-cimento comum	36
Figura 16 - Tipo de bloco de concreto.....	37
Figura 17 - Empilhamento de blocos cerâmicos com amarração entre si	38
Figura 18 - Procedimento inicial para elevação da alvenaria	42
Figura 19 - Amarração das fiadas da parede de meia vez	43
Figura 20 - Amarração em canto-parede de meia vez	43
Figura 21 - Visão lateral da amarração das fiadas da parede de meia vez.....	44
Figura 22 - Amarração das fiadas em junções “T” em paredes de meia vez	44
Figura 23 - Amarração das fiadas em cruzamento em paredes de meia vez	45
Figura 24 - Procedimento de amarração de alvenaria em pilar, obra no condomínio residencial Vereda Ipiranga em São Paulo	46
Figura 25 - Fixação de esquadrias	47
Figura 26 - Representação de seção de parede dupla de concreto pré-fabricada....	51

Figura 27 - Maquete de obra utilizando painel de parede dupla.....	51
Figura 28 - Vista geral de obra do Condomínio Monterrey (Rio Claro/SP) em parede dupla.....	52
Figura 29 - Dimensões usuais de painel de parede dupla	53
Figura 30 - Seção transversal do painel de parede dupla	54
Figura 31 - Módulo de parede dupla pronta para montagem	55
Figura 32 - Aplicação de desmoldante na pista de concretagem de fábrica	57
Figura 33 - Sequência de fabricação de paredes duplas pré-fabricadas	58
Figura 34 - Estocagem dos painéis	59
Figura 35 - Içamento de parede dupla de concreto pré-fabricada.....	60
Figura 36 - Escoramento do painel	60
Figura 37 - Colocação do delimitador de profundidade de junta	61
Figura 38 - Fixação do perfil metálico ao painel	61
Figura 39 - Grauteamento da ligação entre os painéis, uso de fundo de junta	62
Figura 40 – Grauteamento de juntas entre panos de laje e rebaixo existente no topo do painel.....	63
Figura 41 - Planta baixa de projeto adaptado para alvenaria convencional	71
Figura 42 - Visualização em 3D do projeto em parede dupla fornecido por fabricante	72
Figura 43 - Modelagem em 3D do projeto em alvenaria convencional realizado em <i>software Revit</i>	72
Figura 44 - Resumo gráfico de custos de implantação dos sistemas construtivos por etapas.....	80
Figura 45 - Cronograma físico-financeiro de residência de alvenaria convencional..	88
Figura 46 - Cronograma físico-financeiro de residência de parede dupla de concreto	89
Figura 47 - Resumo de gastos mensais na execução da residência em alvenaria convencional	89
Figura 48 - Resumo de gastos a cada 10 dias na execução da residência em paredes duplas	90

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Planilha de quantitativos proveniente de modelagem realizada no <i>software Revit</i>	73
Quadro 2 - Planilha Orçamentária Resumida para alvenaria convencional	75
Quadro 3 - Planilha Orçamentária Sintética para alvenaria convencional.....	77
Quadro 4 - Planilha Orçamentária Resumida para paredes duplas de concreto pré-fabricadas.....	78
Quadro 5 - Planilha Orçamentária Sintética para paredes duplas de concreto pré-fabricadas.....	79
Quadro 6 - Resumo comparativo para uma residência	80
Quadro 7 - Planilha de Recursos para o sistema construtivo alvenaria convencional	82
Quadro 8 - Planilha de Uso dos Recursos para o sistema construtivo alvenaria convencional	83
Quadro 9 - Estrutura de Trabalho para execução da residência em alvenaria convencional	84
Quadro 10 - Planilha de Recursos para o sistema construtivo paredes duplas de concreto.....	85
Quadro 11 - Planilha de Uso dos Recursos para o sistema construtivo paredes duplas de concreto	85
Quadro 12 - Estrutura de Trabalho para execução da residência em paredes duplas de concreto.....	86
Quadro 13 - Comparativo de custo de mão de obra dos dois sistemas construtivos	86

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Justificativa.....	15
1.2	Objetivos	16
1.2.1	Geral.....	16
1.2.2	Específicos	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	Evolução dos métodos construtivos ao longo da história.....	17
2.2	Avanços tecnológicos, racionalização e industrialização.....	23
2.3	Aumento da preocupação com a questão ambiental no mundo.....	26
2.4	Método de construção a seco	28
2.5	Alvenaria Convencional.....	29
2.5.1	Definição	29
2.5.2	Função das alvenarias	31
2.5.3	Classificação das alvenarias	31
2.5.4	Principais tipos de blocos	33
2.5.5	Execução das alvenarias.....	37
2.5.5.1	Estocagem dos materiais e componentes.....	38
2.5.5.2	Preparo das argamassas de assentamento e chapiscos	39
2.5.5.3	Elevação da alvenaria	41
2.5.5.4	Colocação de esquadrias	47
2.5.5.5	Embutimento de tubulações	48
2.5.6	Vantagens	49
2.5.7	Desvantagens	49
2.6	Parede dupla de concreto pré-fabricada	50
2.6.1	Definição	50
2.6.2	Funções.....	54
2.6.3	Procedimentos de execução	55
2.6.3.1	Etapas de produção dos painéis	56
2.6.3.2	Montagem dos painéis	59
2.6.4	Esquadrias e instalações.....	63
2.6.5	Vantagens	64
2.6.6	Desvantagens	66
3	METODOLOGIA.....	66

3.1	Os projetos	66
3.2	Levantamento de quantitativos	68
3.3	Elaboração de orçamentos analíticos	69
3.4	Análise comparativa entre os sistemas construtivos	70
4	ESTUDO DE CASO.....	70
4.1	Levantamento de quantitativos	73
4.2	Comparativo de custos com base em orçamentos analíticos	74
4.3	Comparativo do ponto de vista temporal com base em cronogramas físico-financeiros.....	81
4.4	Comparativo do ponto de vista ambiental	91
5	CONCLUSÃO.....	93
5.1	Sugestões para trabalhos futuros	95
	REFERÊNCIAS.....	96
	ANEXOS	100

1 INTRODUÇÃO

Os crescentes avanços tecnológicos ocorridos nas últimas décadas modificaram significativamente o modo de viver da sociedade, assim como os métodos de trabalho, cada vez mais simplificados. Na construção civil, a necessidade de o setor se reinventar colaborou para o surgimento de novos métodos de construção e materiais de melhor desempenho, resultando em obras de maior qualidade, sustentáveis e com redução de tempo e custos.

Sabe-se que a construção civil no Brasil não utiliza várias técnicas construtivas inovadoras presente em países de primeiro mundo, como a China, Estados Unidos e alguns países europeus, sendo ainda adepta da construção convencional em sua maioria. Segundo Santos (2017), para a implantação de sistemas inovadores no Brasil, é preciso superar obstáculos como: cadeia produtiva altamente fragmentada, o que inibe a liderança transformadora; baixa colaboração entre construtores e fornecedores, o que reduz o potencial de ganhos múltiplos; baixo investimento em processos e gestão; pouco acúmulo de conhecimento e baixo nível de treinamento.

A construção convencional ainda é adotada em larga escala por profissionais da área, a qual se utiliza de métodos ainda bastante arcaicos e tradicionais. Assim, segundo Carregari (2018), continuar construindo com tijolos, areia e cimento é algo que precisa ser revisto, uma vez que o mercado hoje busca obras mais eficientes e sustentáveis, com redução no prazo de execução, no custo, na geração de resíduos, no desperdício, no retrabalho, na mão de obra, dentre outros.

Nesse contexto, com as crescentes discussões ambientais, evidenciada após eventos como a ECO-92, ocorrido no Rio de Janeiro (RJ), surgiram alternativas para aperfeiçoar o método construtivo convencional, como a construção a seco, a qual vem sendo bastante evidenciada em países como Alemanha, Canadá, China e Estados Unidos.

Dentre algumas opções para utilização da construção a seco, tem-se o método construtivo da parede dupla de concreto pré-fabricada como uma alternativa para substituição da alvenaria convencional, o qual será o foco deste trabalho.

1.1 Justificativa

Segundo o professor Vanderley Moacyr John, da Escola Politécnica da USP, a industrialização na construção civil tende a se acelerar em um contexto em que há demanda de produção em grande escala – com o Programa Minha Casa, Minha Vida – e que os custos com mão de obra são crescentes (DIAS; GARCIA, 2009). Em relação ao déficit habitacional atual do Brasil, segundo levantamento realizado pela Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias (Abrainc) em parceria com a Fundação Getúlio Vargas (FGV), apontou-se um crescimento de 7% em apenas dez anos, de 2007 a 2017, tendo atingido o recorde de 7,78 milhões de unidades habitacionais em 2017 (GAVRAS, 2019).

Levando em conta esses aspectos, surge a necessidade da realização de obras com maior rapidez, menor custo e com menor impacto ambiental, contribuindo para a busca do mercado por novos métodos construtivos. Para otimizar gastos e suprir esses requisitos, os empresários vêm buscando, no Brasil, novos sistemas construtivos objetivando execuções de obras mais ágeis e eficientes. Há quase duas décadas, a construção a seco é um dos exemplos da busca por inovações (CARREGARI, 2018). Existem diversos estudos e conteúdo sobre métodos de construção a seco como o *Drywall*, *Wood Frame* e *Steel Frame*, sendo esse último um dos mais utilizados atualmente, porém outra excelente alternativa é a parede dupla de concreto pré-fabricada, ainda pouco evidenciada.

A parede dupla de concreto pré-fabricada surge como uma ótima opção, uma vez que possui grande potencial de implantação no mercado brasileiro, pois, segundo Caporici (2012), permite construções 30% mais rápidas que as convencionais, precisas, com custos menores e com zero de desperdício de materiais, porém esbarra em questões de fabricação e capacitação profissional, sendo ainda pouco utilizada no cenário nacional.

Com isso, essa pesquisa busca avaliar e analisar o custo-benefício entre a utilização da parede dupla de concreto pré-fabricada e a alvenaria convencional com base em uma aplicação em projeto habitacional e por meio de orçamentos fornecidos por fabricantes, de forma a ampliar informações sobre o tema no meio

acadêmico e contribuir para que a aplicação desse novo sistema construtivo possa ser evidenciado posteriormente no cenário nacional.

1.2 Objetivos

1.2.1 Geral

Comparar custo-benefício entre a utilização de parede dupla de concreto pré-fabricada e alvenaria convencional em projeto habitacional.

1.2.2 Específicos

- Analisar custos referentes à implantação da alvenaria convencional e da parede dupla de concreto pré-fabricada em um mesmo projeto;
- Mostrar qual sistema construtivo é mais vantajoso nos aspectos de custo, tempo e impacto ambiental;
- Mostrar qual sistema construtivo é mais viável economicamente para São Luís/MA.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Evolução dos métodos construtivos ao longo da história

A necessidade de o homem se proteger de fenômenos naturais, como da chuva, raios e tempestades, de animais selvagens, e de possuir um local com conforto térmico para descanso contribuiu para que a construção civil estivesse presente na humanidade desde o período pré-histórico.

Inicialmente, o homem nômade buscava se proteger em cavernas, ou seja, aberturas naturais em rochas com condições que permitissem sua entrada para maior segurança a fim de proporcionar um melhor descanso. Contudo, o fato desse tipo de abrigo possuir grande instabilidade, levou o homem a inventar técnicas de construções mais seguras onde ele pudesse permanecer por mais tempo, levando em conta os materiais disponíveis, surgindo os primeiros tipos de sistemas construtivos de que se tem registro.

De acordo com Martucci e Basso (2002, p. 274):

os sistemas construtivos representam, dentro do quadro da construção de edificações, um determinado estágio tecnológico historicamente definido, indutor da forma de se projetar e executar os edifícios, ou seja, sintetizam o conjunto de conhecimentos técnicos e organizacionais, possíveis de serem combinados, em função dos graus de desenvolvimento tecnológico encontrados tanto na indústria de materiais de construção, componentes e subsistemas construtivos, quanto na indústria de máquinas, equipamentos, ferramentas e instrumentos produzidos para o setor da construção civil.

As cabanas e tendas datadas de 40 mil anos a.C. são os primeiros tipos de construção do homem, caracterizados pela utilização de troncos, galhos e ossos de animais como componentes estruturais e folhas, palha, terra e peles de animais para o revestimento da cobertura (REBELLO; LEITE, 2007), como pode ser observado na Figura 1 a seguir.

Figura 1 - Tenda feita com peles de animais



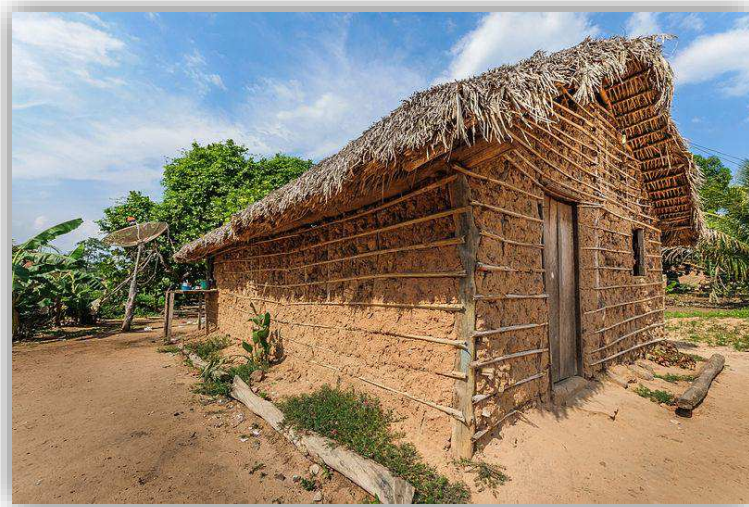
Fonte: Lourenço; Branco (2012)

Posteriormente, o homem teve o uso de pedras e terra como sua mais nova técnica construtiva. Com a utilização da terra surgiu o sistema construtivo conhecido como adobe que, de acordo com Rotondaro (2011, p. 16):

a antiguidade dos adobes produzidos com moldes pode situar-se em torno de oito mil anos. Há evidências e gravações encontradas nas primeiras cidades e povoados da Mesopotâmia, Creta, Egito, Oriente Médio e Sudoeste da Ásia. Distintos vestígios aparecem em lugares tais como a cidade de Catal Hüyük, com 8.000 anos de idade, na Turquia; a cidade de Ganj-Dareh, Irã, por volta de 7.000 a.C.; Uruk, cerca de 4.800 anos, a cidade dos sumérios, e o povoado de Jarmo, no Iraque, os celeiros de Ramsés II, no sul do Egito, cerca de 4.500 anos; o povo do Pan-p'o, do ano de 4.000 a.C. na China. A construção com adobe aparece nos tratados e escritos muito antigos, de pensadores e arquitetos gregos e romanos tais como Vitruvius, Plínio e Tácito.

Na figura 2 é possível visualizar um exemplo de construção utilizando esse sistema construtivo.

Figura 2 - Exemplo de casa de adobe na Chapada das Mesas/MA



Fonte: Laurini Júnior (2010)

Em meados de 3500 a.C., por meio dos sumérios, habitantes das terras da Mesopotâmia, o modo de construir evoluiu ainda mais, onde os estudos de Kaefer (1998, p. 7) afirmam que:

pela escassez de outros materiais de construção na região (pedra, madeira) os povos desta região desenvolveram a fabricação de tijolos de barro e a construção sobre solos com pouca capacidade de suporte. Estes povos já sabiam da natureza frágil dos tijolos, como podemos observar pela forma de suas construções, como por vestígios do uso de esteiras de fibras vegetais para reforçar a estrutura de zigurates, combatendo os esforços de tração que tendem a desmoronar o maciço. A ideia de combinar materiais frágeis e dúcteis é lançada.

Como se pode ver na Figura 03.

Figura 3 - Zigurate de Ur, Iraque



Fonte: Khan Academy (2014)

No decorrer dos anos o emprego das alvenarias pelo homem evoluiu do **empilhamento de rochas** fragmentadas para muros de pedras. Muitas **construções milenares**, dos egípcios e dos romanos particularmente, permanecem até hoje como testemunhos vivos da história da humanidade e da própria história das alvenarias, como as pirâmides do Egito e o Coliseu. (CAMPOS, [2017?], p. 5, grifo do autor).

Figura 4 - Pirâmides do Egito



Fonte: Aesdes (2017)

Figura 5 - Coliseu de Roma



Fonte: Super Interessante (2018)

Sendo assim, a alvenaria passou por todo um desenvolvimento e por novos métodos de fabricação criados pelo homem sedentário ao longo da história, até se tornar a alvenaria a qual se conhece atualmente e é utilizada em sua maioria na construção civil no Brasil, seja ela composta por tijolos cerâmicos ou em concreto.

A utilização da alvenaria como estrutura de edificações data de milhares de anos, predominando até o final do século XIX como material estrutural. Entretanto, devido à ausência de procedimentos de dimensionamento, estas estruturas eram demasiadamente robustas e pouco econômicas. Nessa época surgiram as estruturas de aço e de concreto armado. Respaldados por teorias racionais de cálculo, e devido ao grande arrojado das formas que possibilitaram às edificações, esses novos tipos de estruturas proliferaram por todo o mundo e fizeram com que a alvenaria como estrutura fosse relegada a um segundo plano. (PRUDÊNCIO JÚNIOR; OLIVEIRA; BEDIN, 2002, p. 9).

A alvenaria estrutural é aquela concebida a partir de teorias de cálculo e tem como principais materiais constituintes as unidades de alvenaria (tijolos e blocos), argamassa e graute, as paredes trabalham como elementos portantes unidos por argamassa e são capazes de resistir a outras cargas além do peso próprio. É amplamente utilizada, e possui dupla função por servir de suporte para as cargas calculadas e servir de vedação para os ambientes construídos. (PRUDÊNCIO JÚNIOR; OLIVEIRA; BEDIN, 2002).

Porém, desde a concepção da alvenaria convencional, o desenvolvimento de novas técnicas se deu a passos lentos, onde houve uma retomada nas últimas décadas devido aos avanços tecnológicos em vários nichos de mercado. Sendo assim, surgiu a necessidade da modernização do setor por meio do conhecimento de novas técnicas construtivas, objetivo central desse trabalho, uma vez que continuar construindo com tijolos, areia e cimento é algo que precisa ser revisto (CARREGARI, 2018), devido ao alto índice de desperdício e resíduos gerados em canteiros de obras, levando o mercado a buscar obras mais eficiente e sustentáveis, e ao fato de não ser a melhor alternativa para solucionar o déficit habitacional do país de maneira mais acelerada, haja vista sua baixa produtividade.

Na Figuras 6 e 7 a seguir, estão representados exemplos de obras com o emprego da alvenaria convencional e alvenaria estrutural, respectivamente.

Figura 6 - Obra em alvenaria convencional do programa “Minha Casa, Minha Vida” em Santana do Piauí/PI



Fonte: Dias (2014)

Figura 7 - Obra em alvenaria estrutural



Fonte: Fórum da Construção (2013)

2.2 Avanços tecnológicos, racionalização e industrialização

No final do século passado, uma nova forma de sociedade se configurou como consequência de significativas mudanças tecnológicas, mas também sociais, econômicas e culturais, ocorridas conjuntamente (CASTELLS, 2010 apud ROZA, 2017, p. 4). Essa nova forma de organização social surgiu como um novo paradigma técnico-econômico, representado por transformações profundas na organização da sociedade e da economia; como um fenômeno global, com alto potencial de transformar as atividades sociais e econômicas – o que já vem ocorrendo – considerando que a infraestrutura de informações afeta a estrutura e a dinâmica de atividades; e também servindo para contribuir para a atratividade das regiões em relação aos negócios e aos empreendimentos. (TAKAHASHI, 2000 apud ROZA, 2017, p. 4).

Assim, percebe-se que a organização do trabalho na sociedade, bem como as metodologias aplicadas para execução de atividades, mudou consideravelmente nos últimos anos em várias áreas de mercado. Como exemplo, podemos tratar da questão da mobilidade urbana, com o monitoramento de tráfego nas cidades; dos meios de comunicação, com a disseminação massiva de *smartphones*; da robótica, com a inteligência artificial e o surgimento de negócios disruptivos, como o aplicativo Uber; e do desenvolvimento de computadores cada vez mais potentes, que contribuíram para a facilidade de acesso à informação e para a automatização de processos.

Já no setor da construção civil, as transformações tecnológicas ao longo do seu desenvolvimento não são significativas, como se pode observar nos processos construtivos executados da mesma forma desde o início do século XX (FARAH, 1988 apud FRANCKLIN JUNIOR; AMARAL, 2008, p. 11). Para Rocha (1997, apud Martins; Barros, 2005, p. 4), no Brasil, a abertura do mercado no início dos anos 90 contribuiu para a evolução do setor da construção na medida em que permitiu às empresas construtoras a importação de produtos e tecnologia. Nesse período, diversas empresas investiram na modernização dos meios de produção, observando-se a crescente industrialização nos canteiros. (ROCHA, 1997 apud MARTINS; BARROS, 2005, p. 4).

Para Aro (2004, p. 46):

a introdução e difusão de inovações tecnológicas na indústria da construção civil são semelhantes a qualquer outro setor industrial. No entanto, o setor da construção tem como peculiaridade a resistência dos profissionais envolvidos em assumir os riscos da incerteza em mudar o seu *status quo*.

De acordo com Barros (1989, apud MARTINS; BARROS, 2005, p. 1):

a inovação tecnológica é um aperfeiçoamento tecnológico, resultado de atividades de pesquisa e desenvolvimento internas ou externas à empresa, aplicado ao processo de produção do edifício objetivando a melhoria de desempenho, qualidade ou custo do edifício ou de uma parte do mesmo.

Sendo assim, para ser considerada uma inovação tecnológica é necessária a aplicação com enfoque sistêmico dentro do processo de produção, desconsiderando caso seja aplicada somente de maneira pontual.

Logo, para Francklin Junior e Amaral (2008, p. 12):

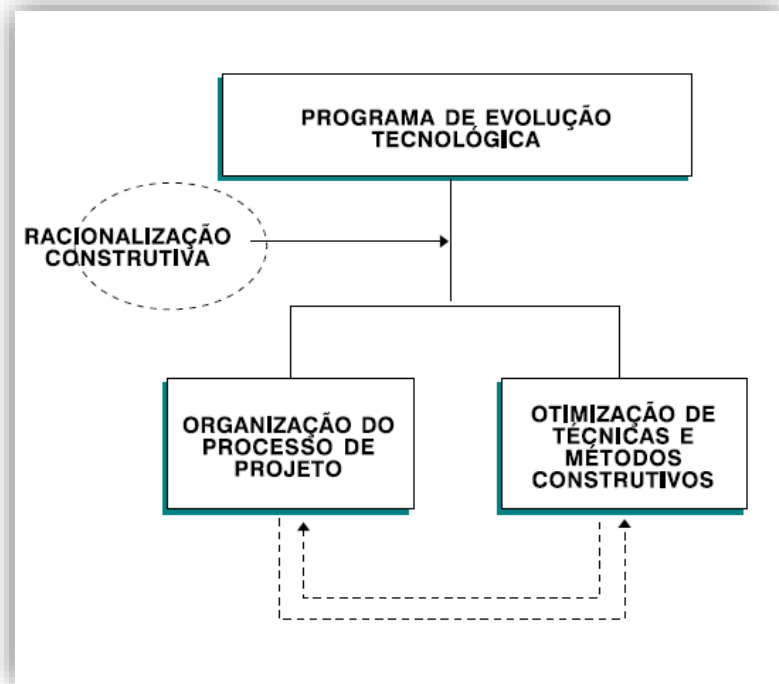
neste contexto, observam-se mudanças pouco expressivas e uma evolução muito lenta das tecnologias, dos processos construtivos e da gestão de organização da indústria da construção civil ao longo do tempo. Além disso, as rápidas mudanças no quadro mundial da economia e de todo um ambiente industrial provocado pela inovação tecnológica, faz [sic] com que as empresas de diversos setores e principalmente da construção civil, se adequassem a tais mudanças.

As estratégias adotadas para a adequação do setor da construção civil às mudanças têm surgido pautadas em dois principais conceitos: a racionalização e a industrialização, apontadas como a chave para a reformulação dos métodos construtivos. Têm como principais objetivos garantir baixo índice de desperdício, velocidade de execução dos empreendimentos, elevado nível de qualidade na produção, redução do número de operários em canteiros de obras, incremento da qualidade dos edifícios produzidos, com menor incidência de problemas patológicos, melhor nível organizacional das obras e redução na geração de resíduos, ou seja, buscando construções cada vez mais enxutas, sendo apontadas como futuro certo da evolução da construção. (MOURA; SÁ, 2014).

Conforme Barros (1998, p. 1):

os princípios da racionalização construtiva proporcionam a aplicação adequada de todos os recursos envolvidos no processo de produção, através da adequação tecnológica e da mudança organizacional dos processos tradicionais de construção. [...] Assim, essa linha de pesquisa procura contribuir com o meio técnico através do desenvolvimento e implantação de tecnologias construtivas que garantam a adequação dos processos produtivos à atual realidade de competitividade estabelecida no setor.

Figura 8 - A implementação da racionalização construtiva em um programa de evolução tecnológica envolvendo a organização do processo de projeto



Fonte: Melhado (1994)

Para o Conselho Internacional da Construção (CIB) (2010, p. 8 apud Fabricio, 2013, p. 228), “a industrialização na construção é uma racionalização dos processos de trabalho na indústria para atingir a eficiência de custos, maior produtividade e qualidade”. Essa industrialização propunha, segundo Fabricio (1996, apud FABRICIO, 2013, p. 234), “o deslocamento de parte do trabalho do canteiro para o galpão da indústria, onde se poderiam empregar máquinas e métodos de organização e parcelamento de trabalho, de forma a permitir a produção em massa de edifícios”.

A industrialização das construções pode ser empregada por meio do emprego de máquinas e equipamentos especializados; de pré-fabricados de componentes ou subsistemas, de forma a permitir deslocar parte do trabalho do canteiro para plantas industriais, onde se poderia ter melhor controle das condições de produção; padronização dos componentes e módulos, a fim de viabilizar a produção em escala, entre outros meios. (FABRICIO, 2013, p. 235).

Dos citados, tem-se a pré-fabricação, que pressupõe fabricação industrial de grandes peças e elementos construtivos, anteriormente à sua montagem definitiva (DEBS, 2000 apud FABRICIO, 2013, p. 235), ou seja, retirada de parte do trabalho do canteiro de obra. Além disso, sugere a produção industrial dos subsistemas construtivos e serve como estratégia para permitir a produção em série de partes da construção. A estratégia de pré-fabricação implica no transporte das peças até a obra, o içamento e a montagem das peças em canteiro, implicando em um *design* dos elementos bastante detalhado, em relação às juntas e folgas na união das peças, e uma logística de transporte e montagem em obra igualmente planejada, sendo bastante viável sua utilização. (FABRICIO, 2013, p. 235).

Além do surgimento de inovações por meio da pré-fabricação, várias outras estão surgindo no mercado da construção civil, ainda que aplicadas em uma menor porcentagem em relação ao método convencional de construção. Como exemplo pode-se citar a construção modular, impressão 3D, *softwares* cada vez mais especializados, tecnologia BIM (*Building Information Modeling*), materiais de maior desempenho, como o Concreto de Alto Desempenho (CAD), a tecnologia da informação adentrando nos canteiros de obras por meio de aplicativos, a Internet das Coisas (IoT), que promete revolucionar vários mercados, além de sistemas construtivos como a construção a seco, onde tem-se solução inovadoras como o *Wood Frame, Steel Frame, Drywall* e a parede dupla de concreto pré-fabricada, foco desse trabalho.

2.3 Aumento da preocupação com a questão ambiental no mundo

Grandes eventos ocorridos no século passado envolvendo várias nações com o intuito de discutir sobre a questão ambiental do planeta foram um marco histórico na relação do ser humano com o ambiente no qual ele vive.

Entre esses eventos, tem-se a Conferência de Estocolmo em 1972 como o pontapé inicial para o surgimento de políticas voltadas para a preservação e conservação do meio ambiente. A ECO-92, realizada no Rio de Janeiro, no Brasil, em 1992, que teve como mais extraordinária conquista a exposição dada ao mundo inteiro, por meio dos meios de comunicação, de problemas ambientais e científicos, em geral confinados a espaços pequenos e abordagens superficiais e a

incorporação da questão ambiental ao cotidiano dos cidadãos comuns, que puderam avançar sua consciência. (NOVAES, 1992, p. 92).

Figura 9 - Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (ECO-92), realizada de 3 a 14 de junho de 1992 na cidade do Rio de Janeiro/RJ



Fonte: Pinto (1992)

Nesse último evento citado, foi produzido um documento nomeado de Agenda 21, um programa de ação que viabiliza o novo padrão de desenvolvimento ambientalmente racional (CORRÊA, 2009, p. 19). Esse documento continha diretrizes a serem seguidas pelas nações, quanto aos padrões ambientais, sociais e econômicos. Para o setor da construção civil foi publicado um documento específico chamado *Agenda 21 on Sustainable Construction* pelo CIB (1999), que tratava sobre o desenvolvimento sustentável e seus desafios na indústria da construção civil nacional.

O próprio CIB aponta a indústria da construção como o setor de atividades humanas que mais consome recursos naturais e utiliza energia de forma intensiva, gerando consideráveis impactos ambientais. Além dos impactos relacionados ao consumo de matéria e energia, há aqueles associados à geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos. Estima-se que mais de 50% dos resíduos sólidos gerados pelo conjunto das atividades humanas sejam provenientes da construção. (BRASIL, 2010).

Assim, por meio dos acontecimentos anteriormente citados, aspectos como melhoria da qualidade e durabilidade das construções, redução de resíduos,

uso racional da água e energia, habitação e infraestrutura, foram tratados com maior importância e com requisitos fundamentais por profissionais da área nos anos seguintes. O que obrigou o mercado a procurar soluções alternativas que pudessem atender às exigências dos governos e órgãos internacionais, e que pudessem ser viáveis economicamente tanto para o construtor como para os consumidores.

2.4 Método de construção a seco

O setor da construção civil é considerado tecnologicamente atrasado. Por outro lado, cada vez mais as empresas brasileiras estão introduzindo em seus canteiros inovações tecnológicas que aumentam sua produtividade, racionalizam processos construtivos, reduzem o consumo de materiais e agilizam o serviço com um melhor aproveitamento desses materiais, além de promover a dignificação dos operários com condições seguras na realização das atividades (OLIVEIRA et al, 2000).

Ainda de acordo com Oliveira et al (2000):

o uso de novas tecnologias leva ao crescimento do setor como um todo pela industrialização dos meios necessários a sua execução. Por meio de ferramentas e equipamentos apropriados às atividades, sejam eles de execução do produto edifício ou de caráter administrativo, como consequência tem-se um produto final de melhor qualidade e a um menor custo.

Nesse contexto, surgiu um novo método construtivo que se utiliza de várias técnicas diferentes, conhecido como método de construção a seco. Trata-se de um método de construir diferente da alvenaria tradicional. Dispensa os tijolos e as armações convencionais e, principalmente, o uso de água na obra. Dessa forma, concreto e cimento preparados na obra também são dispensados. Uma grande diferença dos métodos a seco com relação aos métodos convencionais é que os métodos a seco, se bem planejados, confeccionados e montados, podem reduzir sensivelmente os desperdícios da construção, uma vez que buscam a ausência de grandes quantidades de entulho na obra. (BERTOLINI, 2013, p. 05).

Os métodos mais conhecidos de construção a seco são o *Wood Frame*, que apresenta sua estrutura em perfis de madeira, e o *Steel Frame*, que apresenta sua estrutura em perfis metálicos. Para as vedações, existe o método conhecido

como *Drywall* e as paredes duplas de concreto pré-fabricadas, sendo esse último o objeto de análise desse trabalho, e que pode ser utilizado também com função estrutural. No Brasil, o método de construção a seco mais utilizado é o *Steel Frame*, devido à grande produção de aço no país. (BERTOLINI, 2013, p. 05).

Segundo o professor Vanderley Moacyr John, da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), a industrialização tende a se acelerar em um contexto em que há demanda de produção em grande escala – como no caso do Programa Minha Casa, Minha Vida – e os custos com mão de obra são crescentes. Porém não é suficiente somente baratear o processo, mas sim fazer frente às demandas de sustentabilidade ambiental. (DIAS; GARCIA, 2009, p. 06).

Levando em conta esses aspectos, a parede dupla de concreto pré-fabricada possibilita o encaixe ideal com as demandas evidenciadas, além de contribuir para construções com menor impacto ambiental e com rapidez, o que vai ao encontro da necessidade de se adotar métodos construtivos mais ágeis como alternativas para diminuir o déficit habitacional atual do Brasil que, segundo levantamento realizado pela Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias (Abrainc) em parceria com a FGV, apontou um crescimento de 7% em apenas dez anos, de 2007 a 2017, tendo atingido o recorde de 7,78 milhões de unidades habitacionais em 2017 (GAVRAS, 2019).

2.5 Alvenaria Convencional

2.5.1 Definição

Para Azeredo (1997, p. 125):

alvenaria é toda obra constituída de pedras naturais, tijolos ou blocos de concreto, ligados ou não por meio de argamassas, e que comumente deve oferecer condições de resistência e durabilidade e impermeabilidade. A aplicação de tijolos satisfaz plenamente as condições de resistência e durabilidade; a impermeabilização, nesse caso, é obtida por meios artificiais, utilizando produtos específicos. A impermeabilidade à umidade tem interesse especial sob o ponto de vista higiênico; é exigida porque a umidade é prejudicial à saúde.

Thomaz et al (2009, p. 2) descreve que:

alvenarias de vedação são aquelas destinadas a compartimentar espaços, preenchendo os vãos de estruturas de concreto armado, aço ou outras estruturas. Assim sendo, devem suportar tão somente o peso próprio e cargas de utilização, como armários, rede de dormir e outros. Devem apresentar adequada resistência às cargas laterais estáticas e dinâmicas, advindas, por exemplo, da atuação do vento, impactos acidentais e outras.

Porém, a alvenaria anteriormente conhecida vem sofrendo um grande impacto decorrente do surgimento de novas técnicas de construção, como explicita Thomaz et al (2009, p. 2) afirmando que:

as alvenarias têm sido empregadas desde a antiguidade, porém o conhecimento adquirido ao longo dos anos tem hoje pouco valor relativo, em função das transformações sofridas pela construção: os edifícios atuais atingem alturas de dezenas de metros, as estruturas foram flexibilizadas, com o surgimento das estruturas pilar-laje eliminou-se grande parte das vigas, em algumas obras os contrapisos vêm sendo eliminados, os sistemas prediais têm sido muito implementados (controles remotos, instalações de lógica, circuitos internos de televisão, segurança, aspiração central e outras).

Possuindo um papel de grande importância no contexto de construção de uma edificação, a alvenaria, além da função de vedação, pode contribuir de forma mais ampla em outros aspectos construtivos, como Thomaz et al (2009) explica que:

os projetos de arquitetura, e até mesmo alguns projetos de alvenaria, têm se restringido ao comportamento mecânico e à coordenação dimensional das paredes com outros elementos da obra, como caixilhos e vãos estruturais. Na realidade, as alvenarias devem ser enfocadas de forma mais ampla, considerando-se aspectos do desempenho termo-acústico, resistência à ação do fogo, produtividade e outros. Sob o ponto de vista da isolamento térmica ou da inércia térmica das fachadas, por exemplo, as paredes influenciam a necessidade ou não de condicionamento artificial dos ambientes internos, com repercussão no consumo de energia ao longo de toda a vida útil do edifício.

Figura 10 - Execução de alvenaria de vedação



Fonte: Total Construção (2019)

2.5.2 Função das alvenarias

A principal função de uma alvenaria é de estabelecer a separação entre ambientes. Nesse contexto, a alvenaria externa possui um papel primordial, uma vez que é responsável por conservar o ambiente interno do externo, possuindo propriedades que atuam como freio, barreira e filtro seletivo, controlando uma série de ações e movimentos complexos quase sempre muito heterogêneos. (NASCIMENTO, 2004, p. 8).

A alvenaria pode ser empregada na confecção de diversos elementos construtivos (paredes, muros, abóbadas, sapatas, entre outros), podendo exercer função estrutural ou simplesmente de vedação. Quando a alvenaria é empregada na construção para resistir a cargas e sobrecargas, é denominada como alvenaria estrutural, pois além do seu peso próprio, ela suporta cargas (peso das lajes, telhados, pavimento superior, entre outras). Quando a alvenaria não é dimensionada para resistir a cargas verticais, além de seu peso próprio, é denominada como alvenaria de vedação ou alvenaria convencional (MILITO, 2009, p. 62). A utilização da alvenaria convencional será o foco desse trabalho.

Segundo Nascimento (2004, p. 8), a alvenaria convencional possui como propriedades os seguintes pontos:

- Resistência à umidade e aos movimentos térmicos;
- Resistência à pressão do vento;
- Isolamento térmico e acústico;
- Resistência às infiltrações de água pluvial;
- Controle da migração de vapor de água e regulação da condensação;
- Base ou substrato para revestimentos em geral;
- Segurança para usuários e ocupantes;
- Adequar e dividir ambientes.

2.5.3 Classificação das alvenarias

De acordo com as particularidades das ligações com as estruturas reticuladas (pré-moldadas, aço, concreto armado, entre outras) e suas condições de

uso, as alvenarias de vedação são classificadas em função do sistema a ser adotado principalmente pela estrutura de apoio (NASCIMENTO, 2004, p. 9). As classificações são feitas, segundo Nascimento (2004), quanto às suas funções, espessuras, número de ligações, sistema de ligação, tipos de exposição e aos tipos de elemento de vedação; as quais são explicitadas a seguir.

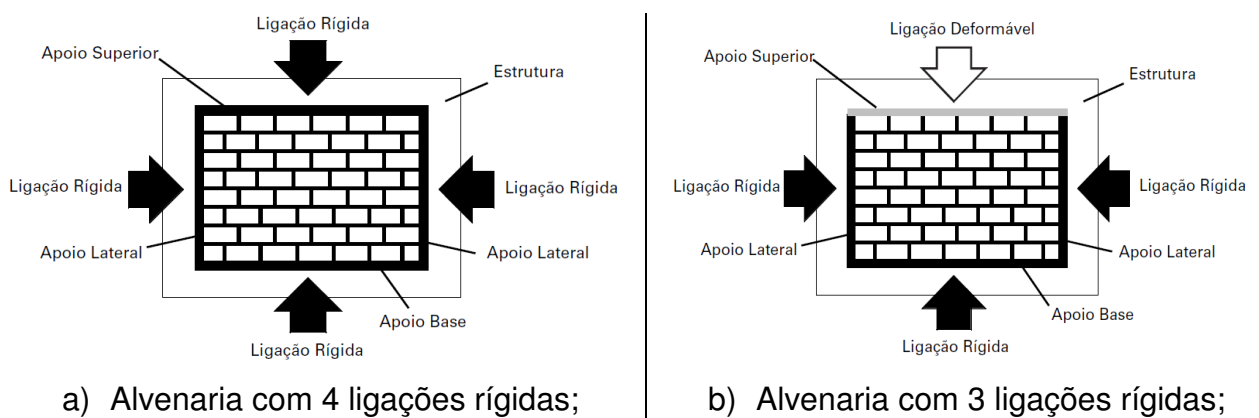
- Classificação quanto à função:
 - Alvenaria com função estrutural;
 - Alvenaria sem função estrutural (vedação);
 - Alvenarias divisórias de bordo livre (muros, platibandas, entre outras);
 - Alvenarias especiais (acústica, térmica, impactos, entre outras).

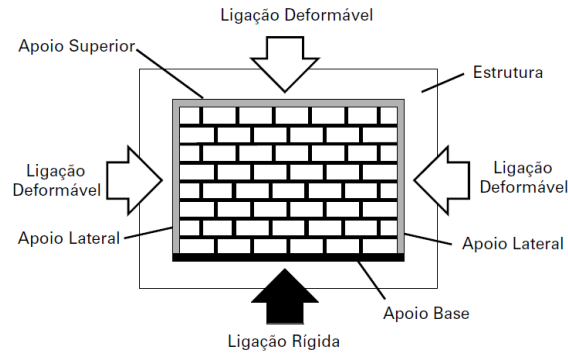
- Classificação quanto à espessura:
 - Alvenaria 0,10m;
 - Alvenaria 0,15m;
 - Alvenaria 0,20m.

Algumas outras classificações podem ser apresentadas em função da espessura do bloco e do revestimento adotado.

- Classificação quanto ao número de ligações:

Figura 11 - Classificação quanto ao número de ligações





c) Alvenaria com 1 ligação rígida.

Fonte: Adaptado de Nascimento (2004)

- Classificação quanto ao sistema de ligação alvenaria/estrutura:
 - Sistema rígido – 4 ligações rígidas;
 - Sistema semi-rígido – 3 ligações rígidas;
 - Sistema deformável – 1 ligação rígida.

- Classificação quanto ao tipo de exposição:
 - Interna revestida;
 - Interna aparente;
 - Externa revertida;
 - Externa aparente;
 - Especiais.

- Classificação quanto ao tipo de elemento de vedação:
 - Alvenaria (elementos unidos entre si na obra);
 - Painéis;
 - Chapas metálicas;
 - Divisórias.

2.5.4 Principais tipos de blocos

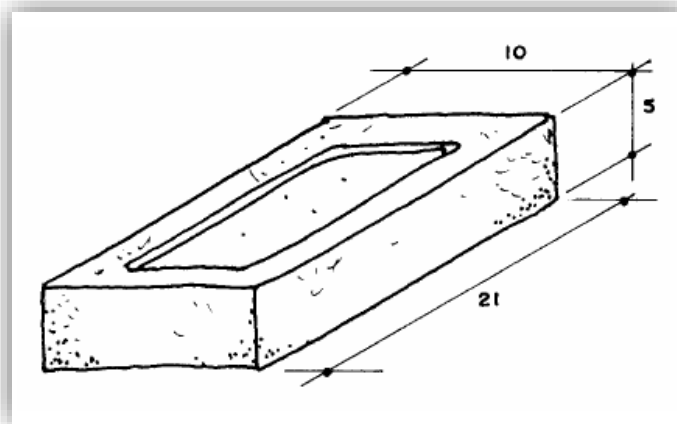
A alvenaria quanto ao material empregado para sua implantação possui diversas variedades no mercado, sendo as mais utilizadas o bloco cerâmico maciço, bloco cerâmico vazado, blocos de solo-cimento e blocos de concreto, os quais foram descritos a seguir.

- Bloco cerâmico maciço (tijolo comum ou de barro)

Os blocos cerâmicos maciços, cujas especificações estão estabelecidas na NBR 15270-1:2017, consoante Milito (2009, p. 63):

são blocos de barro comum, moldados com arestas vivas e retilíneas, obtidos após a queima das peças em fornos contínuos ou periódicos com temperaturas da ordem de 950 a 1100°C. [...] A produtividade da execução de alvenaria com tijolo maciço é baixa, no entanto as suas pequenas dimensões permitem uma maior precisão de nivelamento e prumo.

Figura 12 - Bloco cerâmico maciço



Fonte: Milito (2009)

- Bloco cerâmico vazado

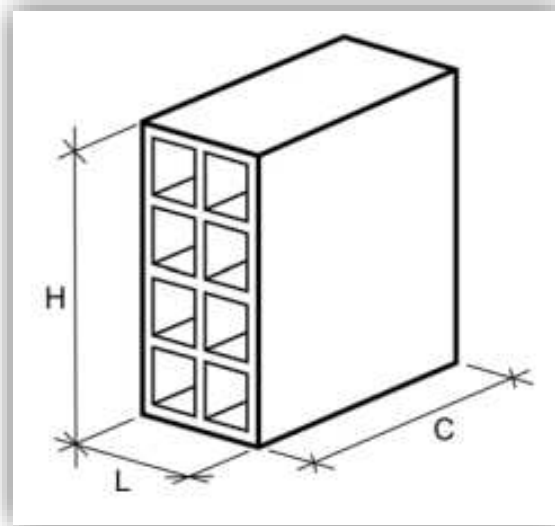
Estes blocos, cujas especificações estão estabelecidas na NBR 15270-1:2017, são produtos laminados ou extrudados, e apresentam na parte externa uma série de rachaduras, e, no seu interior, pequenas aberturas ou furos, que podem ser prismáticos ou circulares. Como as faces dos tijolos furados são sensivelmente lisas as rachaduras externas facilitam a aderência e pega da argamassa. Internamente, a existência dos furos diminui o peso dos tijolos, recomendando-se a aplicação desse material em paredes cujo único fim seja a separação de compartimentos. Essa aplicação permite economia no dimensionamento da estrutura-esqueleto de concreto armado que sustenta as paredes, conseqüentemente as fundações também tornam-se mais econômicas. Apresentam também a forma de um paralelepípedo retangular, variando suas dimensões e tipos de acordo com número e tipos de furos. (AZEREDO, 1997, p. 134).

Os mais utilizados são os blocos com furos cilíndricos e com furos prismáticos. Com seis furos, apresentam dimensões de 25,0 x 18,0 x 12,0 cm; e com

oito furos, apresentam dimensões de 30,0 x 18,0 x 12,0 cm. Esses dois tipos destinam-se, indiferentemente, à execução de paredes de meio e de um tijolo. (AZEREDO, 1997, p. 134).

Comparando o tijolo cerâmico com o tijolo maciço, a alvenaria de tijolo cerâmico é sensivelmente mais leve do que a alvenaria de tijolo maciço. Exige menos mão de obra, menos argamassa de assentamento, por outro lado, o corte para passagem de tubulação é difícil e, muitas vezes maior, devido à quebra do tijolo (MILITO, 2009, p. 65).

Figura 13 - Bloco cerâmico com furos prismáticos



Fonte: NBR 15270-1 (2017)

Figura 14 - Bloco cerâmico com furos cilíndricos



Fonte: GUIDUGLI (2019)

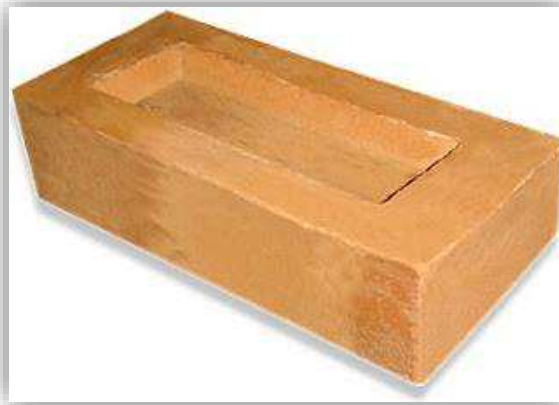
- Blocos de solo-cimento

De acordo com Milito (2009, p. 67), é um:

material obtido pela mistura de solo arenoso – 50 a 80% do próprio terreno onde se processa a construção, o qual não deve apresentar matéria orgânica em teores prejudiciais –, cimento Portland de 4 a 10%, e água, prensados mecanicamente ou manualmente.

Podem ser maciços ou furados, e suas especificações estão estabelecidas na NBR 8491:2012. Ainda conforme Milito (2009, p. 67), “são assentados por argamassa mista de cimento, cal e areia no traço 1:2:8 ou por meio de cola, respectivamente”.

Figura 15 - Tijolo de solo-cimento comum



Fonte: Marchizelli (2010)

- Blocos de concreto

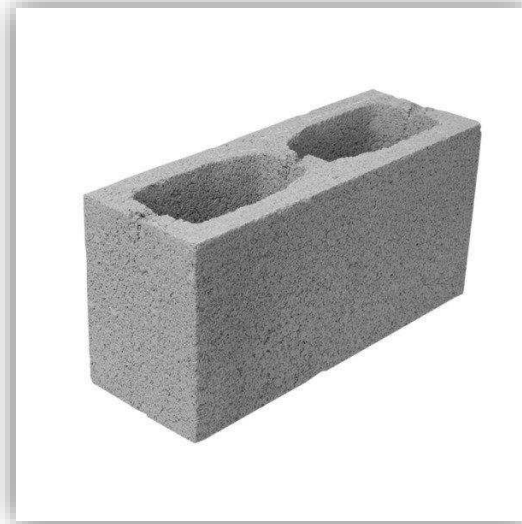
Consoante Nascimento (2004, p. 11):

são obtidos por prensagem e vibração de concretos com consistência seca, dentro de formas de aço com dimensões regulares, devendo ser curados em ambiente com alta umidade por pelo menos 7 dias. Normalmente são assentados na posição em que os furos estejam na vertical, contribuindo para que pequenas áreas de argamassa entrem em contato para a colagem entre os blocos. Utilizados há muitos anos para alvenaria autoportante e de vedação, deve-se evitar o uso quando se apresentarem ainda com umidade elevada, devido ao alto índice de retração e variação dimensional.

No Brasil existem bons fornecedores atendendo as especificações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), as quais estão estabelecidas na NBR 6136:2016, porém é muito grande o número de fabricantes que negligenciam

sua fabricação, controle e qualidade. Apresentam densidade maior que o tijolo furado. (NASCIMENTO, 2004, p. 11).

Figura 16 - Tipo de bloco de concreto



Fonte: LEROY MERLIN (2019)

2.5.5 Execução das alvenarias

É recomendado que a execução das alvenarias obedeça ao projeto executivo nas suas posições e espessuras, podendo ser utilizados tijolos ou blocos cerâmicos, que devem atender às especificações da NBR 15270-1:2017. (NBR 8545, 1984).

Thomaz et al (2009, p. 18) afirma que “o projeto das alvenarias de vedação deve levar em conta, além do próprio desempenho mecânico, exigências relacionadas à estanqueidade à água, à isolamento térmica, à isolamento acústica, à resistência ao fogo e a outras características”.

Segundo Thomaz et al (2009, p. 18-19):

o desempenho de alvenarias está diretamente associado à perfeita coordenação dimensional, à compatibilidade com outros projetos e à adoção de detalhes construtivos apropriados. Em razão da pequena resistência a solicitações de tração, torção e cisalhamento, as alvenarias devem ser convenientemente reforçadas com telas, ferros corridos, vergas e outros dispositivos. No topo de muros de divisa, guarda-corpos de

terraços e platibandas devem obrigatoriamente ser construídas as cintas de amarração.

A NBR 8545 (1984) exige que “as paredes devem ser moduladas de modo a utilizar-se o maior número possível de componentes cerâmicos inteiros”, tanto na horizontal no contato com os pilares, como na vertical, no contato com vigas e lajes.

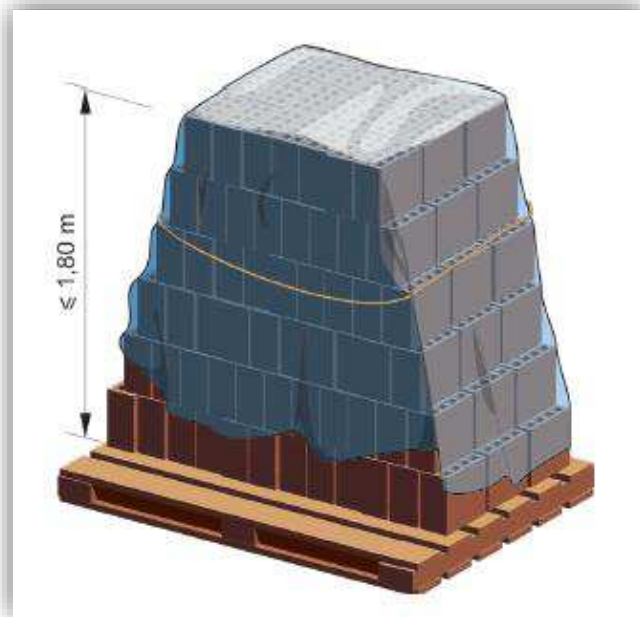
2.5.5.1 Estocagem dos materiais e componentes

- Blocos cerâmicos

De acordo com Thomaz et al (2009, p. 39):

os blocos cerâmicos devem ser estocados em pilhas com altura máxima de 1,80 m, apoiadas sobre superfície plana, limpa e livre de umidade ou materiais que possam impregnar a superfície dos blocos. As pilhas não devem ser apoiadas diretamente sobre o terreno, sugerindo-se o apiloamento do terreno e a execução de colchão de brita ou o apoio sobre paletes. Quando a estocagem for feita a céu aberto, deve-se proteger as pilhas de blocos contra as chuvas por meio de uma cobertura impermeável, de maneira a impedir que os blocos sejam assentados com excessiva umidade. Na formação da pilha, os blocos devem ser sobrepostos aos blocos inferiores, com 'juntas em amarração' conforme ilustrado na Figura 17 a seguir.

Figura 17 - Empilhamento de blocos cerâmicos com amarração entre si



Fonte: Thomaz (2009)

Thomaz et al (2009, p. 40) ainda complementa que:

é recomendável que os blocos sejam fornecidos em paletes, sendo os mesmos embalados com o auxílio de fitas metálicas ou de plástico; dessa maneira os paletes podem ser transportados em carrinhos porta-paletes até o local de aplicação dos blocos, com considerável redução na mão de obra e risco de quebra ou danos. É recomendável que o fornecedor também disponha de plataformas acopláveis à estrutura dos pavimentos, facilitando o transporte dos paletes por meio de guas. Qualquer que seja o sistema de transporte dos blocos cerâmicos, deve-se evitar que os mesmos sofram impactos que venham a provocar lascamentos, fissuras, etc.

- Aço

Conforme Thomaz et al (2009, p.40), “o aço deve ser armazenado em local coberto, protegido de intempéries e afastado do solo, para que não fique em contato com umidade. O armazenamento deve ser feito em feixes separados para cada bitola, facilitando o uso”.

- Cimento, cal e argamassa industrializada

Segundo Thomaz et al (2009, p. 40):

o cimento, a cal hidratada e eventuais argamassas industrializadas, materiais fornecidos em sacos, devem ser armazenados em locais protegidos da ação das intempéries e da umidade do solo, devendo as pilhas ficarem [sic] afastadas de paredes ou do teto do depósito. Não se recomenda a formação de pilhas com mais de 15 sacos. No caso do emprego de cal virgem, recomenda-se sua extinção imediatamente após chegada na obra, podendo ser armazenada em tonéis ou no próprio ‘queimador’.

- Areia

Thomaz et al (2009, p. 40) afirma que:

a estocagem da areia deve ser feita em local limpo, de fácil drenagem e sem possibilidade de contaminação por materiais estranhos que possam prejudicar sua qualidade. As pilhas devem ser convenientemente cobertas ou contidas lateralmente, de forma que a areia não seja arrastada por enxurrada.

2.5.5.2 Preparo das argamassas de assentamento e chapiscos

Ainda segundo Thomaz et al (2009, p. 40-41):

o traço da argamassa deve ser estabelecido em função das diferentes exigências de aderência, impermeabilidade da junta, poder de retenção de água, plasticidade requerida para o assentamento e módulo de deformação (propriedade muito importante nas alvenarias de vedação, frente ao risco de

sobrecarga pelas deformações impostas). Também devem ser consideradas as características dos materiais a serem empregados em cada obra, incluindo-se aí os próprios blocos (com diferentes rugosidades, absorção de água, etc.), e dos processos executivos a serem adotados (assentamento com colher de pedreiro, meia desempenadeira ('palheta'), bisnaga, meia cana ou outras ferramentas, chapisco aplicado com colher, rolo, desempenadeira de aço dentada, projetor ou outras ferramentas).

Em função das características dos materiais disponíveis no local da obra, o traço da argamassa de assentamento deve ser estabelecido por meio de estudo de dosagem e ensaios laboratoriais. Para os processos tradicionais de construção, considerando-se para a areia módulo de finura em torno de 3, apresentam-se traços indicativos na Tabela 1. Outros traços podem ser especificados pelos projetistas desde que atendam aos requisitos estabelecidos na norma NBR 13281:2005. Traços alternativos podem ser previstos pelo projetista também para as argamassas de fixação ("encunhamento"), utilizando-se quando for o caso materiais resilientes, adesivos e outros aditivos. (THOMAZ et al, 2009, p. 41).

Tabela 1 - Traços indicativos de argamassas recomendados para execução de alvenarias de vedação

Material	Composição em volume - materiais na umidade natural			
	cimento	cal hidratada	areia	pedrisco
Argamassa de assentamento*	1	2	9 a 12	-
Argamassa de fixação ("encunhamento")	1	3	12 a 15	-
Graute / micro-concreto	1	0,1	2,5	2

(*) para alvenarias aparentes, recomenda-se o traço de 1:1: 6 a 8

Fonte: Thomaz (2009)

Consoante Thomaz et al (2009, p. 41-42):

o assentamento dos blocos pode ser feito [sic] com colher de pedreiro, meia-cana, bisnaga, régua de assentar ou 'palheta'. Optando-se por assentamento com bisnaga (tipo bisnaga de confeitoiro), a argamassa de assentamento deve ser constituída por areia um pouco mais fina, com ligeiro enriquecimento do traço.

As recomendações sugeridas quanto ao tipo de chapisco a ser utilizado em estruturas de concreto para amarração da alvenaria, segundo Thomaz et al (2009, p. 42) são:

[...] nas posições de ligação com alvenarias de vedação, recomenda-se a utilização de produtos industrializados ou mesmo de argamassa preparada

na obra. Nesse caso, recomenda-se o emprego de areia lavada, de granulometria média/grossa, e de cimentos tipo I ou II, com traço indicativo de 1:3 (cimento:areia, em volume). No caso de chapisco rolado, o traço pode variar de 1:2 até 1:3 (cimento:areia, em volume), sendo esta argamassa preparada com um volume de resina acrílica ou PVA e seis volumes de água.

2.5.5.3 Elevação da alvenaria

Depois de, no mínimo, um dia da execução da impermeabilização do piso ou alicerce, serão erguidas as paredes conforme o projeto de arquitetura. O serviço é iniciado pelos cantos após o destacamento das paredes (assentamento da primeira e segunda fiada), obedecendo ao prumo de pedreiro para o alinhamento vertical e o escantilhão no sentido horizontal. (MILITO, 2009, p. 69). Thomaz et al (2009, p. 42) alerta que “caso o projeto de estrutura ou de alvenaria preveja a constituição de juntas de dilatação ou de controle, a marcação da alvenaria deve respeitar com todo rigor o posicionamento e a abertura das juntas”.

A primeira fiada deve ser executada com extremo cuidado, caso contrário poderá implicar em problemas futuros, como os citados por Thomaz et al (2009, p. 43), onde afirma que:

o assentamento dos blocos da primeira fiada influencia a qualidade de todas as demais características da alvenaria, ou seja, modulação horizontal e vertical, nivelamento das fiadas e espessura da camada de assentamento, folgas para instalação de esquadrias, posicionamento de ferros-cabelo ou de telas de ancoragem das paredes, folga para execução da fixação ('encunhamento') das paredes, etc. Após lavagem da base, devem ser inicialmente assentados os chamados 'blocos-chave', ou seja, aqueles localizados nas extremidades dos panos, nos encontros entre paredes, em shafts ou cantos de paredes, nas laterais de vãos de portas e outros que identifiquem singularidades.

Em relação aos equipamentos necessários para iniciar o serviço de elevação das alvenarias, Thomaz et al (2009, p. 45) alerta que:

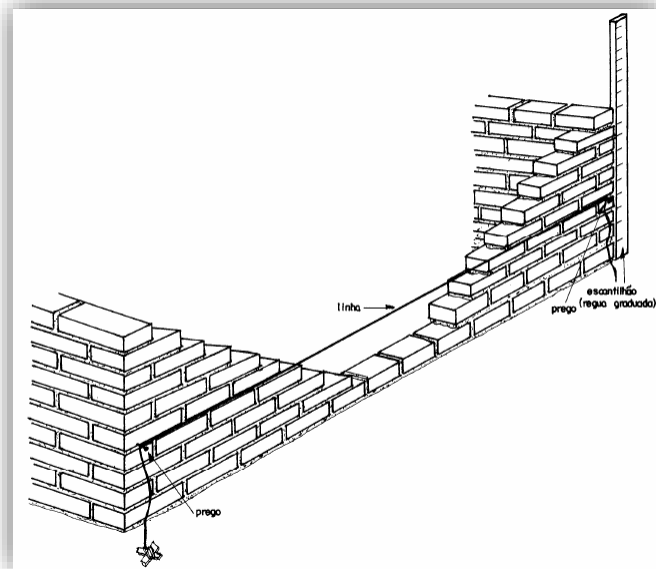
[...] devem estar disponíveis todos os equipamentos e ferramentas necessárias para o assentamento dos blocos, incluindo colher de pedreiro, meia-cana, bisnaga, linha de náilon, esticadores de linha, régua de alumínio, prumo de face, escantilhões, broxa, nível de bolha e nível de mangueira, esquadros de braço longo, furadeira elétrica, pistola finca-pinos, etc.

O assentamento da primeira fiada deve ser executado após rigorosa locação das alvenarias e de maneira bem cuidadosa, e após sua execução podem ser marcadas nos próprios pilares as cotas das demais fiadas. Contudo, é interessante o emprego de escantilhões, suportados por tripés ou introduzidos sob

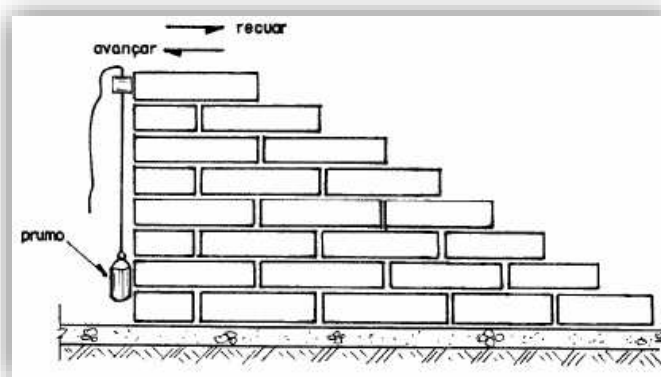
pressão no reticulado vertical da estrutura (escantilhão telescópico). (THOMAZ et al, 2009).

Para o assentamento devem ser criteriosamente observados todos os detalhes previstos no projeto da parede correspondente, considerando caixas de elétrica, pontos de água, luz e gás, cintas de amarração, vergas e contravergas, pilaretes, blocos mais estreitos nas primeiras fiadas e outros detalhes. Trabalhando-se sempre com as lajes bem limpas, ou o piso protegido com mantas de plástico, podendo-se reaproveitar a argamassa que cair no chão durante o assentamento. (THOMAZ et al, 2009, p. 46).

Figura 18 - Procedimento inicial para elevação da alvenaria



a) Detalhe do nivelamento da elevação da alvenaria



b) Detalhe do prumo no canto da alvenaria

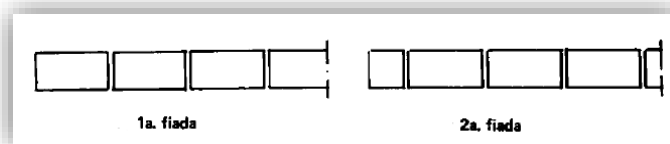
Os cantos são levantados primeiro porque, desta forma, o restante da parede será erguida sem preocupações de prumo e horizontalidade, pois se estica uma linha entre os dois cantos já levantados, fiada por fiada. Com o auxílio do escantilhão, do prumo de pedreiro e da linha, os cantos são levantados utilizando uma argamassa de assentamento de cimento, cal e areia no traço 1: 2: 8. (MILITO, 2009, p. 69-70).

Para a execução de amarração da alvenaria levantada com os pilares da edificação, devem ser levados em conta alguns pontos importantes como os citados por Thomaz et al (2009, p. 45):

os dispositivos de ligação dos pilares com as alvenarias devem ser previamente providenciados, ou seja, marcação das fiadas, fixação de telas com finca-pinos, introdução de ferros-cabelo ou ganchos nos pilares, etc. O lançamento de chapisco nos pilares, lajes e vigas deve ter sido executado há pelo menos três dias. As telas de arranque devem ser corretamente assentadas nas ligações com juntas a prumo, resultando totalmente embutidas em argamassa bem compactada.

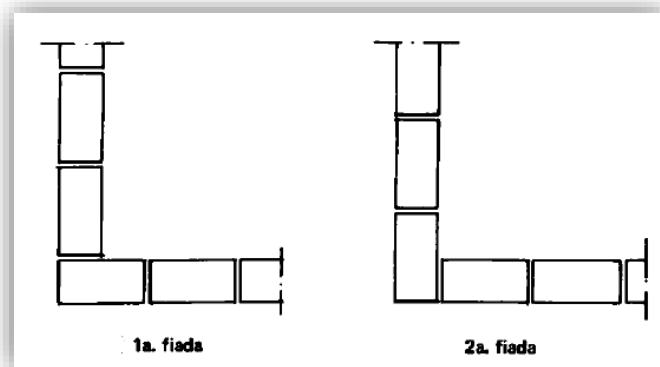
A NBR 8545:1984 recomenda que “o assentamento dos componentes cerâmicos deve ser executado com juntas de amarração”, ou seja, como explicado por Milito (2009, p. 72): “com as juntas desencontradas, para garantir uma maior resistência e estabilidade dos painéis”. Os procedimentos estão explicitados nas figuras seguintes para paredes de meia vez.

Figura 19 - Amarração das fiadas da parede de meia vez



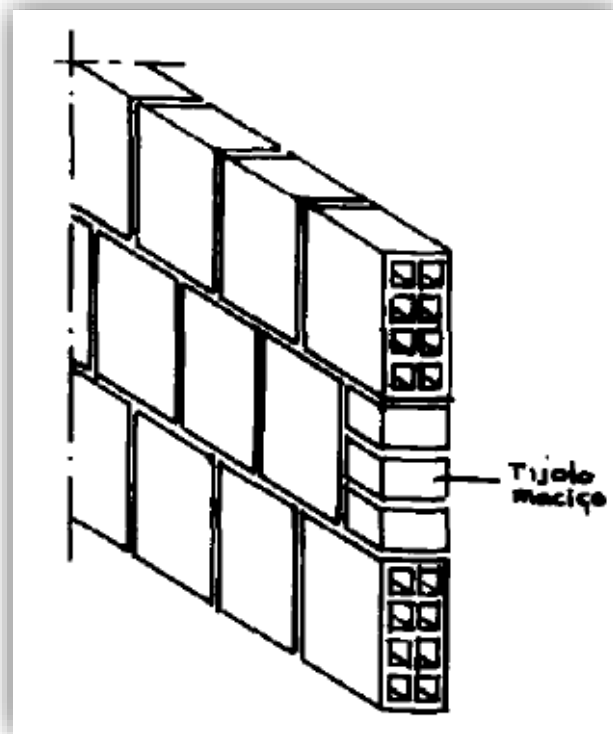
Fonte: NBR 8545 (1984)

Figura 20 - Amarração em canto-parede de meia vez



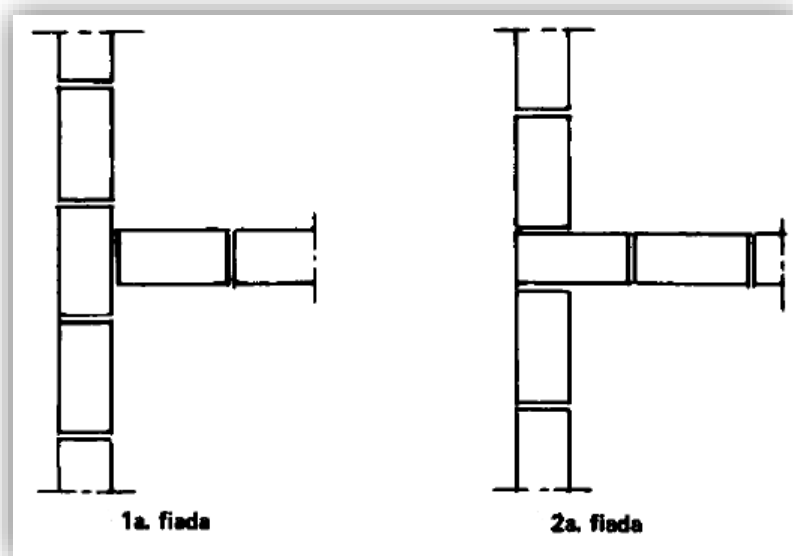
Fonte: NBR 8545 (1984)

Figura 21 - Visão lateral da amarração das fiadas da parede de meia vez



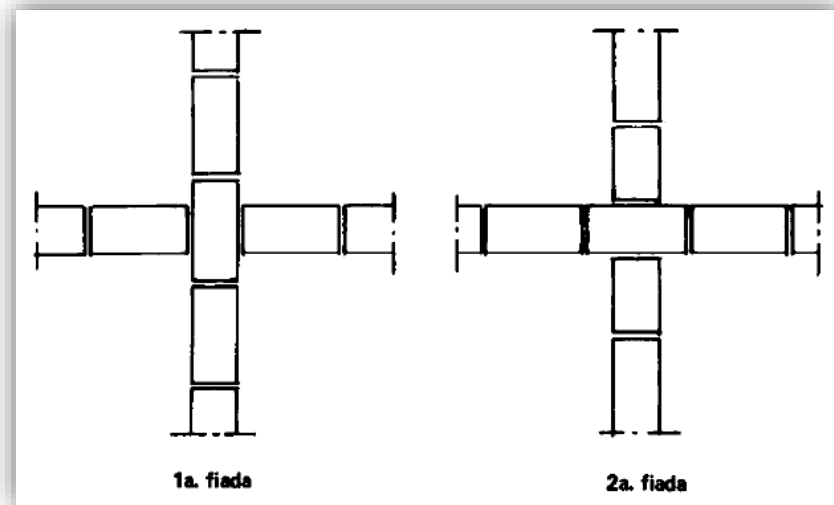
Fonte: NBR 8545 (1984)

Figura 22 - Amarração das fiadas em junções "T" em paredes de meia vez



Fonte: NBR 8545 (1984)

Figura 23 - Amarração das fiadas em cruzamento em paredes de meia vez



Fonte: NBR 8545 (1984)

Quanto ao modo de utilização da argamassa no procedimento de assentamento da alvenaria, segue o recomendado por Thomaz et al (2009, p. 47), onde afirma que:

a argamassa de assentamento deve ser estendida sobre a superfície horizontal da fiada anterior e na face lateral do bloco a ser assentado, em cordões ou ocupando toda a superfície, mas em quantidade suficiente para que certa porção seja expelida quando o bloco é assentado sob pressão. O bloco é conduzido à sua posição definitiva mediante forte pressão para baixo e para o lado; os ajustes de nível, prumo e espessura da junta só podem ser feitos antes do início da pega da argamassa, ou seja, logo após o assentamento do bloco.

Quanto à amarração de alvenaria em pilares de concreto armado deve ser realizada da maneira correta para evitar trincas na ligação, a solução mais recomendada é o uso de tela galvanizada de fios de 1,65 mm, com malha de 15x15 mm. O tamanho da tela deve ser proporcional à largura da parede, porém o comprimento total da tela padrão é de 50 cm, ficando com dobra de 10 cm para cima junto ao pilar e outra dobra de 40 cm assentada na junta horizontal entre os blocos, devendo ser dobrada a cada duas fiadas. A colocação das telas deve seguir orientação do projeto de alvenaria de vedação e obedecer alguns cuidados para garantia da amarração, como a espessura da junta, que deverá ser especificada no projeto. O objetivo é criar uma ligação que impeça o descolamento da alvenaria em relação ao pilar e, ao mesmo tempo, reduza as tensões na argamassa de assentamento. (NAKAMURA, 2009, p. 164).

Recomenda-se lavagem da superfície da estrutura que será “amarrada” às fiadas para retirada de resíduos de desmoldante após retirada das formas, e chapiscamento da face da estrutura que ficará em contato com a alvenaria. (NAKAMURA, 2009, p. 165).

Figura 24 - Procedimento de amarração de alvenaria em pilar, obra no condomínio residencial Vereda Ipiranga em São Paulo



a) Lavagem da superfície da estrutura para realização da amarração da alvenaria;



b) Chapiscamento da face da estrutura com rolo para textura;



c) Chumbamento de tela metálica com pistola finca-pinos para realização da amarração;



d) Assentamento de bloco cerâmico em contato com estrutura.

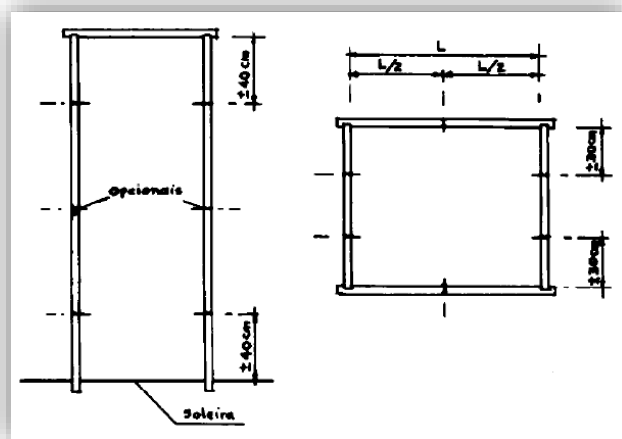
A NBR 8545 (1984) afirma que “para obras com estrutura de concreto armado, a alvenaria deve ser interrompida abaixo das vigas ou lajes”. Durante a cura da argamassa ocorre uma pequena redução de dimensões, assim, é exigido pela NBR 8545:1984 que a execução da última fiada de tijolo furado necessária para o assentamento da parede e o preenchimento do espaço, seja realizada somente após 7 dias, de modo a garantir o perfeito travamento entre a alvenaria e a estrutura. O fechamento da alvenaria se faz com tijolos comuns assentados em pé, um pouco inclinados. Esse procedimento é conhecido como encunhamento das paredes. (RIPPER, 1986, p. 36).

A NBR 8545 (1984) ainda afirma que “para obras que não exijam estrutura em concreto armado, a alvenaria não deve servir de apoio direto para as lajes. Deve-se prever uma cinta de amarração em concreto armado sob a laje e sobre todas as paredes que dela recebam cargas”.

2.5.5.4 Colocação de esquadrias

Os vão de portas e janelas devem atender às medidas e localização previstas no projeto específico, devendo ser somadas à medida do projeto para os vãos das esquadrias, as folgas necessárias para o encaixe do batente. As folgas existentes entre a alvenaria e a esquadria devem ser preenchidas com argamassa de cimento e areia (NBR 8545, 1984). Recomenda-se a fixação das esquadrias conforme a Figura 26.

Figura 25 - Fixação de esquadrias



Fonte: NBR 8545 (1984)

Sobre o vão de portas e janelas devem ser moldadas ou colocadas vergas, e sob o vão da janela ou caixilhos diversos devem ser moldadas ou colocadas contra-vergas (NBR 8545, 1984). Vergas e contra-vergas são peças de concreto e sua utilização tem como justificativa evitar trincas nos cantos inferiores do vão, pois são locais mais fracos, que frequentemente aparecem em decorrência de pequenos movimentos da alvenaria. (RIPPER, 1986, p. 36).

Sobre as dimensões para utilização das vergas e contra-vergas, a NBR 8545 (1984) recomenda que:

as vergas e contra-vergas devem exceder a largura do vão de pelo menos 20 cm de cada lado e devem ter altura mínima de 10 cm. Quando os vãos forem relativamente próximos e na mesma altura, recomenda-se uma única verga sobre todos eles. [...] Quando o vão for maior do que 2,40 m a verga ou contra-verga deve ser calculada como viga.

2.5.5.5 Embutimento de tubulações

O embutimento de tubulações em blocos cerâmicos com furo na horizontal é realizado após execução da alvenaria. Para o embutimento de alguns tipos de instalações hidráulicas, Thomaz et al (2009, p. 54) afirma que:

para o embutimento de pequenos trechos de tubulações horizontais (limitados, por exemplo, até 1 m de extensão) a parede pode ser cortada, utilizando-se sempre serra circular diamantada (tipo 'Maquita') e talhadeiras bem afiadas. Os cortes devem ser gabaritados tanto no traçado como na profundidade, para que os tubos embutidos não sejam forçados a fazer curvas ou desvios, comprometendo no futuro o desempenho da instalação. Principalmente no caso de cortes horizontais ou inclinados, recomenda-se que o diâmetro de qualquer tubulação não seja maior do que um terço da largura do bloco.

Já para o embutimento de instalações elétricas nos blocos cerâmicos, o procedimento é diferente, como também afirma Thomaz et al (2009, p. 54) que:

para as instalações elétricas, o trabalho pode ser muito racionalizado procedendo-se previamente ao corte e chumbamento das caixas de tomadas e interruptores nos blocos. No caso de caixas de entrada ou de passagem muito espessas em relação à espessura da parede, reforços devem ser executados localmente, incluindo moldura em concreto armado, reforço do revestimento da parede com telas metálicas, etc.

Hirschfeld (2005) esclarece que “não se devem locar tubulações embutidas em pilares, colunas, vigas ou qualquer elemento estrutural, tendo em vista acesso para reparos futuros”.

2.5.6 Vantagens

A alvenaria convencional é um dos métodos mais utilizados no setor da construção civil, e possui algumas vantagens competitivas como:

- 1) Bom isolamento térmico e acústico;
- 2) Boa estanqueidade à água;
- 3) Excelente resistência mecânica ao fogo;
- 4) Durabilidade superior a de qualquer material;
- 5) Excelente flexibilidade e versatilidade, possibilitando maior liberdade ao projeto arquitetônico;
- 6) Facilidade e baixo custo de produção dos componentes;
- 7) Facilidade de produção por montagem;
- 8) Maior aceitação pelo usuário, maior aceitação pela sociedade;
- 9) Possibilidade de reformas. (UNAMA, 2009, p. 3-4).

2.5.7 Desvantagens

Como desvantagens do uso da alvenaria convencional pode-se citar:

- 1) Pequena resistência à compressão, não devendo ser aplicado em paredes estruturais;
- 2) Não possuir juntas verticais argamassadas, tirando a monolicidade do painel;
- 3) Quanto ao tijolo furado, suas faces externas não apresentam a porosidade necessária para fixação do revestimento, sendo necessária a aplicação de uma demão de chapiscado de argamassa de cimento e areia, bem como de emboço e reboco, a fim de se ter uma textura lisa;
- 4) Os recortes para embutir os encanamentos de água, eletricidade e tacos nos tijolos furados são grandes devido à fragilidade desse tipo de material, resultando em retrabalho; (AZEREDO, 1997, p. 134-135)
- 5) Como não se utiliza projeto de alvenaria, as soluções construtivas são improvisadas durante a execução dos serviços;

- 6) Falta de controle na execução, resultando em elevados consumos de argamassa;
- 7) Baixa produtividade na execução, devido ao trabalho manual e metódico;
- 8) O desperdício de materiais no transporte e na execução, o que infere em incertezas de montagem do orçamento. (UNAMA, 2009, p. 4)

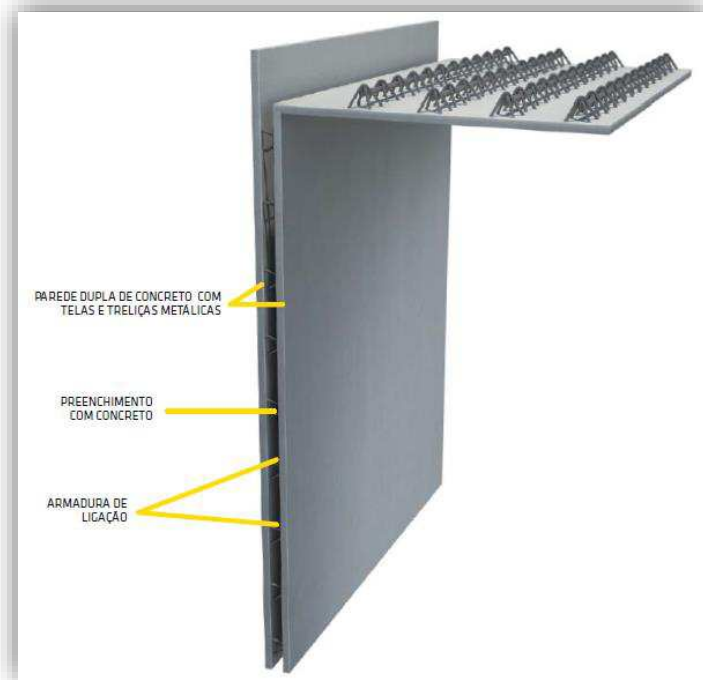
2.6 Parede dupla de concreto pré-fabricada

2.6.1 Definição

É um sistema construtivo do método de construção a seco composto de painéis duplos pré-fabricados em duas placas de concreto unidas por treliças de aço, formando uma parede dupla, com função estrutural, caso preenchida com concreto no local, ou não estrutural, caso não preenchida (SILVA, 2010).

As peles externas do painel de parede dupla são feitas na fábrica, geralmente usando moldes de aço, isso resulta numa finalização de qualidade mais elevada do que uma parede moldada no local, garantindo a qualidade da superfície do painel, apta para receber um acabamento de gesso, pintura ou papel de parede. (MEDEIROS, 2017).

Figura 26 - Representação de seção de parede dupla de concreto pré-fabricada



Fonte: SUDESTE (2019a)

O sistema de paredes duplas de concreto foi criado em meados de 1990, na Alemanha, e foi implantado no mercado brasileiro somente em 2009 (SANTOS, 2012). Onde começou a tornar-se competitivo para construções de galpões industriais e shopping centers (MEDEIROS, 2017).

Figura 27 - Maquete de obra utilizando painel de parede dupla



Fonte: OLMET ITALY (2019)

A sua aplicação se adequa praticamente a qualquer tipo de construção, podendo ser integrada também como parte de uma construção convencional. Entre as inúmeras aplicações, destaca-se seu uso em: galpões industriais, residências, prédios comerciais, prédios residenciais, comércio (*shopping centers* e mercados), silos, estações de tratamento, *deck parking*, escolas, presídios, hospitais, túneis, caixas d'água, piscinas e muros de arrimo. (SUDESTE, 2019a).

Figura 28 - Vista geral de obra do Condomínio Monterrey (Rio Claro/SP) em parede dupla

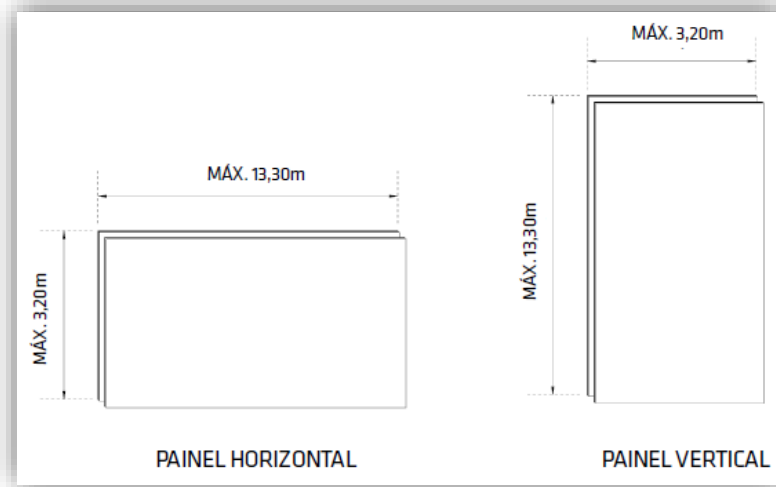


Fonte: PBQP-H (2018)

Quanto às dimensões e espessuras das paredes duplas, de acordo com Silva (2010):

os painéis duplos para paredes podem ter a dimensão de até 3,30 m de altura por até 13,30 m de comprimento, com a espessura total da parede variando de 0,15 m ao máximo de 0,37 m. As lajes treliçadas podem ter a dimensão de até 2,60 m de largura (em razão da limitação dos caminhões para transporte) por até 13,30 m de comprimento. Cada placa de concreto do painel pode variar de 4,5 cm a 7,0 cm.

Figura 29 - Dimensões usuais de painel de parede dupla



Fonte: SUDESTE (2019a)

Para os painéis pré-fabricados de concreto no Brasil, até março de 2017, não existia uma norma para harmonização de requisitos e procedimentos prescritiva e especificamente aplicável ao produto, sendo necessário se recorrer ao Sistema Nacional de Avaliação Técnica (SINAT) para elaboração de um Documento de Avaliação Técnica (DATec), onde vem indicado a concepção estrutural, os materiais empregados, os tipos de fôrmas utilizadas na unidade de produção, as instalações de pré-moldagem, o tipo de cura, equipamentos de transporte e montagem, equipamentos de segurança e eventuais revestimentos de paredes e pisos, caixilhos (quando necessário) e demais interfaces de interesse, de forma a caracterizar o sistema construtivo. (MEDEIROS, 2017).

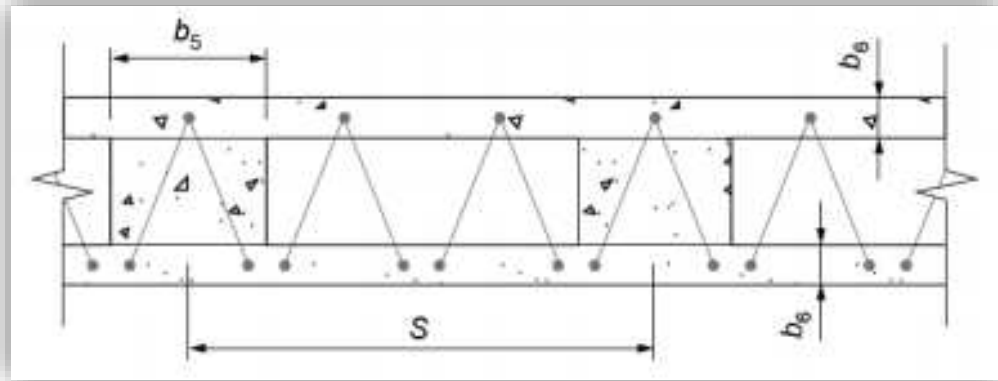
Contudo, em 2017 foi criada a norma ABNT NBR 16475:2017 (Painéis de parede de concreto pré-moldado – Requisitos e procedimentos), onde foi possível analisar o conhecimento técnico disponível no Brasil juntamente com o de normas internacionais, e normalizar os critérios que são adotados para utilização do material disponível atualmente no país. (MEDEIROS, 2017).

Portanto, as recomendações de utilização da parede dupla de concreto pré-fabricada estão contidas nessa norma que, de acordo com Vaz (2017):

é válida para painéis de parede estruturais e não estruturais, com seção transversal maciça, nervurada, painéis de parede sanduíche sem ligação rígida, além de painéis de paredes não estruturais cuja seção transversal seja alveolar ou reticulada de concreto. Cada tipologia é diferenciada quanto ao uso, tipo de acabamento, seção transversal e comportamento estrutural

na NBR 16475, com requisitos específicos e critérios de dimensionamento definidos em todas suas fases.

Figura 30 - Seção transversal do painel de parede dupla



Fonte: NBR 16475 (2017)

2.6.2 Funções

Os painéis nervurados pré-fabricados de concreto destinam-se à utilização em edificações habitacionais de até cinco pavimentos, em que as paredes e lajes de concreto armado são estruturais, não podendo ser demolidas total ou parcialmente. Qualquer modificação em paredes e lajes, como abertura de vãos e rasgos para instalações hidráulicas e elétricas, deve ser previamente acordada com a fabricante, na fase de projeto do edifício. O uso dos painéis está limitado às classes de agressividade ambiental I e II (atmosferas rural e urbana), dispostas na tabela 6.1 da NBR 6118:2014 (Projeto de estruturas de concreto – Procedimento). Os cuidados na utilização constam do Manual Técnico de uso e manutenção do sistema de paredes, elaborado pela fabricante para o sistema de paredes. (PBQP-H, 2018).

Figura 31 - Módulo de parede dupla pronta para montagem



Fonte: OLMET ITALY (2019)

Esse sistema construtivo possui comportamentos diferentes quanto ao seu preenchimento, como evidenciado por Medeiros (2017), que afirma que:

nos casos em que a parede dupla tiver o núcleo preenchido completamente com concreto estrutural, o painel apresenta um comportamento similar ao de painel de parede maciço, devendo atender às especificações da NBR 16475:2017, em seu item 5.1.1. Se o preenchimento entre as paredes for apenas parcial, restando vazios entre elas, devem ser atendidas as especificações da NBR 16475:2017, em seu item 5.1.2, relativas a painéis de paredes alveolares não estruturais. Alternativamente, é permitido tratar os trechos maciços como painéis de parede independentes separados pelos vazios.

O sistema de parede é idealmente combinado com um pré-moldado reticulado ou laje de piso composto, uma vez que o elemento tanto da parede como do pavimento moldados no local podem ser combinados para produzir uma estrutura monolítica. Vale ressaltar que para os casos onde as treliças apresentem alguma contribuição para o desempenho estrutural do painel, essas devem estar de acordo com os critérios de durabilidade, devendo ser galvanizadas ou embebidas no concreto estrutural. (MEDEIROS, 2017).

2.6.3 Procedimentos de execução

Para a elaboração do projeto para sua execução, é necessário um *software* específico para esse tipo de produto, que é utilizado para enviar à fábrica

todas as informações necessárias para a execução das paredes duplas. O *software* também calcula, em função do peso dos painéis duplos e da capacidade do guindaste especificado responsável pelo içamento, a melhor ou melhores posições para que o mesmo se movimente o mínimo possível no canteiro. (SILVA, 2010).

2.6.3.1 Etapas de produção dos painéis

Referenciando Silva (2010) e PBQP-H (2018), pode-se concluir que a produção das paredes duplas resume-se em duas etapas: a primeira delas sendo a produção da primeira face do painel onde há a presença das treliças, e a segunda sendo a produção da segunda face do painel, que resultará na conclusão da peça em questão quando unidas. Questões como automatização e grau de tecnologia do processo de produção variam de acordo com fabricantes.

A primeira etapa se inicia com a fixação das formas que irão determinar as dimensões do painel, onde deverá ser realizada a limpeza da pista de concretagem e aplicado desmoldante de maneira uniforme. Antes da concretagem são alocadas as armações longitudinais e transversais, com cobrimento de 20 mm e com espaçadores, distanciados entre si a uma distância máxima de 500mm e dispostas quatro unidades por metro quadrado, portas, janelas, caixas elétricas, e dispositivos para içamento do painel. Algumas indústrias determinam o formato dos elementos por meio de um sistema de projetores a laser, o que garante ainda mais sua precisão.

Figura 32 - Aplicação de desmoldante na pista de concretagem de fábrica



Fonte: PBQP-H (2018)

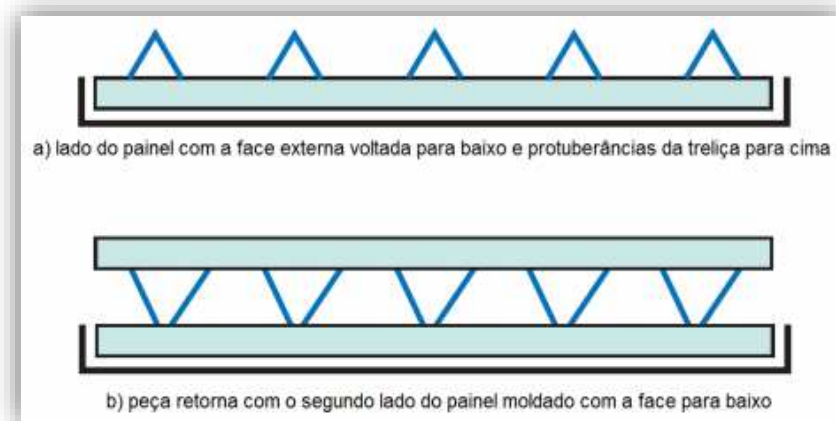
Anteriormente à concretagem, é de suma importância que a peça a ser concretada passe por uma revisão geral, de modo a garantir o controle de qualidade e a conferência de todos os elementos presentes no painel. O processo de concretagem pode ser feito de forma automatizada ou manual, a depender do grau tecnológico da indústria, onde algumas já possuem uma central que calcula a quantidade de concreto exata a ser utilizada e na espessura desejada.

Após concretagem da primeira face do painel, as treliças que farão conexão com a segunda face são alocadas ainda no concreto fresco, que deverá passar por um processo de adensamento, podendo ser feito por um vibrador de imersão ou por um sistema conhecido como “*shaking*”, responsável por vibrar a peça somente na horizontal, o qual será determinado de acordo com o grau tecnológico da fábrica. No dia seguinte, será realizado o procedimento de desforma da primeira placa, a qual assim como qualquer outro elemento estrutural composto por concreto, necessita passar por um processo de cura, sendo destinado à uma câmara de cura, dando início à segunda etapa da produção.

A segunda etapa se inicia com a produção da segunda face do painel, de maneira análoga ao procedimento descrito anteriormente para a primeira face, porém sem a presença das treliças. A primeira placa deverá ser retirada da câmara

de cura e posicionada sobre a segunda placa com o seu concreto ainda em estado fresco, onde deverão ser vibradas juntas e posteriormente retornar à câmara de cura. A ligação entre ambas é feita por meio da penetração de cerca de 15 mm do fio do banzo da treliça do primeiro painel na camada de concreto do segundo painel. O alinhamento das placas é realizado com a utilização de calços de aço posicionados nas extremidades das placas, que posteriormente são retirados.

Figura 33 - Sequência de fabricação de paredes duplas pré-fabricadas



Fonte: WHITTLE & TAYLOR (2009)

Após a cura inicial do concreto, os painéis são içados e retirados das câmaras de cura, sendo destinados para uma área de estoque, onde são armazenados para a realização de eventuais reparos e acabamentos, e organizados preferencialmente na ordem em que serão montados.

Figura 34 - Estocagem dos painéis



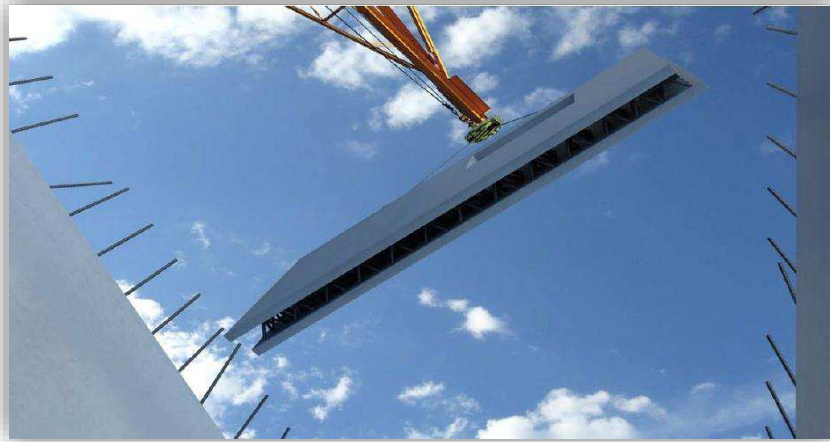
Fonte: PBQP-H (2018)

2.6.3.2 Montagem dos painéis

Ainda conforme Silva (2010) e PBQP-H (2018), para a montagem dos painéis, na fundação executada, seja por radier, profunda ou vigas baldrames, deverá ser prevista a colocação de aços de espera, conforme projeto, para solidarização das paredes duplas na fundação.

Cada painel deverá ser içado por caminhão *munck*, grua ou guindaste, a depender da altura da edificação e peso da parede dupla, e será posicionado no local exato de acordo com projeto, devendo posteriormente ser escorado por meio da utilização de duas escoras e quatro parafusos, onde dois serão utilizados para fixar na parede e os outros dois no piso, ou caso na obra ainda não tenha sido executado o mesmo, serão colocados blocos de concreto para esse fim. Esse escoramento tem como objetivo garantir o correto aprumamento da parede dupla, e para o serviço de içamento é de suma importância que se tenha espaço suficiente para movimentação das máquinas de operação.

Figura 35 - Içamento de parede dupla de concreto pré-fabricada



Fonte: SUDESTE (2019a)

Figura 36 - Escoramento do painel



Fonte: PBQP-H (2018)

Para o serviço de montagem das paredes duplas de concreto pré-fabricadas é necessária a presença de três trabalhadores, pois, inicialmente enquanto dois montam as paredes duplas, o terceiro funcionário realiza o escoramento lateral dos painéis, de forma a evitar o desaprumamento. Após o correto encaixe dos painéis nas esperas de aço provenientes da fundação o próximo passo da montagem é o preenchimento da ligação lateral entre os painéis com graute. Para isso, coloca-se o delimitador de profundidade de juntas, e para resistir

ao empuxo causado pelo graute utiliza-se um perfil metálico parafusado ao painel. O graute também preenche o rebaixo existente na base dos painéis.

Figura 37 - Colocação do delimitador de profundidade de junta



Fonte: PBQP-H (2018)

Figura 38 - Fixação do perfil metálico ao painel



Fonte: PBQP-H (2018)

O tratamento das juntas é realizado com a aplicação de selante de poliuretano, sobre fundo de junta (espuma de polietileno). O acabamento final das juntas, na face interna e externa das paredes é feito com aplicação de tela de poliéster de 100 mm de largura e emulsão acrílica, antes da aplicação a pintura ou da textura. O acabamento final das juntas horizontais das faces externas das paredes (encontro com as lajes) é realizado por meio de molduras pré-fabricadas de EPS.

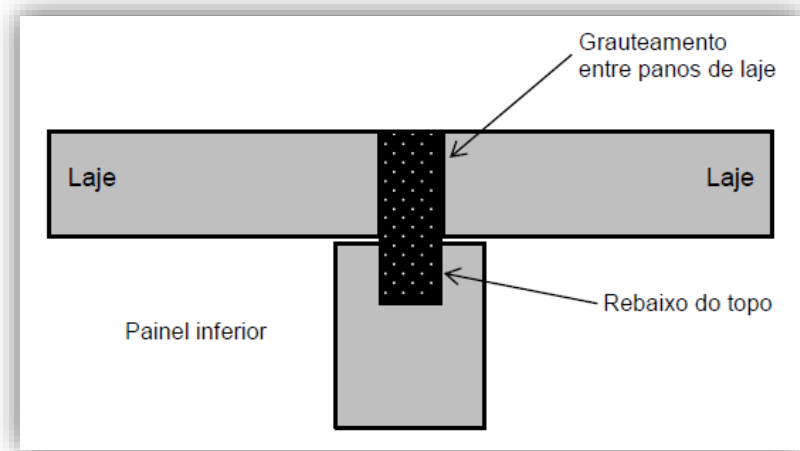
Figura 39 - Grauteamento da ligação entre os painéis, uso de fundo de junta



Fonte: PBQP-H (2018)

As lajes são maciças e pré-fabricadas de concreto armado. A ligação dos painéis de parede com as lajes é feita como mostrado na Figura 40, preenchendo-se simultaneamente com graute as juntas entre os panos de laje e o rebaixo existente no topo do painel.

Figura 40 – Grauteamento de juntas entre panos de laje e rebaixo existente no topo do painel



Fonte: PBQP-H (2018)

2.6.4 Esquadrias e instalações

Todos os insumos como aberturas para ar-condicionados e esquadrias, como portas e janelas, são colocados dentro da peça antes da concretagem do painel. A peça especificada, bem como suas dimensões, é colocada, presa por ímãs, no local projetado e de maneira customizada, ou seja, em relação ao procedimento de colocação de esquadrias, a marcação de aberturas é realizada ainda na fase de produção, restando apenas a colocação de caixilhos no canteiro de obras, agilizando a execução da obra. (SILVA, 2010).

Quanto às instalações, Medeiros (2017) afirma que “as tubulações verticais podem ser embutidas nos painéis de parede de concreto apenas durante a fabricação e desde que atendidas simultaneamente às seguintes condições:

- Quando a diferença de temperatura no contato entre a tubulação e o concreto não ultrapassar 15 °C;
- Quando a pressão interna na tubulação for menor que 0,3 MPa;
- Quando o diâmetro máximo for de 50 mm;
- Quando o diâmetro da tubulação não ultrapassar 50% da espessura da parede, restando espaço suficiente para no mínimo o cobrimento adotado e a armadura de reforço. Admite-se tubulação com diâmetro

até 66% da espessura da parede e com cobrimentos mínimos desde que existam telas nos dois lados da tubulação com comprimento mínimo de 50 cm para cada lado;

- Tubos metálicos não encostem nas armaduras para evitar corrosão galvânica;
- A verificação da capacidade resistente da seção deve considerar a presença das instalações embutidas;
- Em painéis de paredes estruturais, não são permitidas tubulações verticais provenientes das instalações hidrossanitárias e de gás embutidas”.

Porém, quando se trata de tubulações horizontais, de acordo com Medeiros (2017):

não se admite tubulações horizontais, a não serem trechos de até um terço do comprimento da parede, não ultrapassando 1 m, desde que este trecho seja considerado não estrutural. Aberturas transversais para passagem de tubulações devem ser consideradas no projeto estrutural. Em nenhuma hipótese são permitidas tubulações, verticais ou horizontais, nas ligações entre painéis de parede.

2.6.5 Vantagens

As principais vantagens da parede dupla de concreto pré-fabricada devem-se ao fato de ser uma estrutura totalmente contínua e presa em conjunto (MEDEIROS, 2017). Dependendo se os painéis forem preenchidos com concreto ou não, tem-se uma série de vantagens, como as listadas a seguir:

- 1) Por serem pré-fabricadas, as paredes não produzem entulho de material, resultando em uma obra zero desperdício e sem geração de resíduos, com um canteiro de obras limpo e seco, tornado-a ecologicamente correta (SANTOS, 2012);
- 2) A produção com precisão milimétrica dos painéis e exigências do processo construtivo em relação a evitar o desaprumo das paredes resultam em encaixes perfeitos e, conseqüentemente, redução do retrabalho e desperdício (MEDEIROS, 2017; SUDESTE, 2019b);

- 3) Acabamento de qualidade para paredes (MEDEIROS, 2017), onde a superfície dos módulos já vem apta para receber pintura, evitando desperdícios com massa corrida e reboco (SUDESTE, 2019b);
- 4) Em relação à mão de obra, a vantagem do sistema está na equipe que vai realizar a montagem dos módulos. Essa equipe é significativamente reduzida quando comparada à equipe de uma construção convencional (BERTOLINI, 2013), e devido à velocidade de execução do sistema, diminui os custos com encargos trabalhistas (SUDESTE, 2019b);
- 5) A velocidade da obra com paredes duplas é muito maior do que a construção convencional, por se tratar de um pré-fabricado. Grande parte do processo de uma construção de pequeno porte é iniciado em pólo industrial, com a produção dos módulos, transporte e montagem dos mesmos, e é executado em questão de dias, sendo concluído no canteiro. Na construção convencional, todo o processo é executado no canteiro e pode levar meses, quando considerada uma construção do mesmo porte (BERTOLINI, 2013), e não pode ser acelerada devido à sua própria natureza (SUDESTE, 2019b);
- 6) Possui dupla função: estrutural e de vedação, não necessitando da execução de pilares e vigas, revestimentos e recortes para embutimento de instalações, resultando em economia e agilidade em várias partes da obra (SILVA, 2010);
- 7) Apresenta possibilidade de customização do projeto, possibilitando incorporar às paredes no processo de produção dos painéis as aberturas para portas, janelas e sistemas elétricos e hidráulicos (SILVA, 2010; SANTOS, 2012);
- 8) Quando comparado a outro sistema construtivo similar, como a parede maciça de concreto moldada *in loco*, seu aspecto vantajoso se refere à dispensa da utilização de formas metálicas para sua concepção, uma vez que é um elemento pré-fabricado, o que resulta em economia no processo construtivo (MEDEIROS, 2017);
- 9) Diferentemente da alvenaria convencional, que grande parte da execução é improvisada, devido a ausência de projeto, resultando em incertezas na montagem do orçamento, a previsibilidade da utilização

das paredes duplas é total quanto às especificações, preço e prazo de execução (UNAMA, 2009; SUDESTE, 2019b).

2.6.6 Desvantagens

O material chamado parede dupla de concreto pré-fabricada possui como pontos principais de desvantagens quanto à sua adoção:

- 1) Pouco conhecimento sobre o material no mercado e a dificuldade de transporte, devido a pouca quantidade de fábricas no país;
- 2) Redução da flexibilidade do layout, uma vez que esta opção requer paredes em vez de colunas (MEDEIROS, 2017);
- 3) Não possibilita a execução de reformas, sendo quase impossível realizar adaptações futuras (ACKER, 2002);
- 4) Dificuldade de execução de reparos e manutenções das instalações que ficam entre as placas de concreto do elemento pré-fabricado (BERTOLINI, 2013);
- 5) A aderência necessária do pré-moldado antes do ganho de resistência suficiente do concreto lançado no local (MEDEIROS, 2017).

3 METODOLOGIA

A metodologia neste trabalho científico inclui a coleta de informações disponíveis na literatura, utilizando como referências artigos científicos publicados, livros consultados que abordam os assuntos, revistas conceituadas, trabalhos de outros indivíduos na mesma linha de pesquisa, sites do governo e, também, contato com fabricantes do sistema construtivo a ser abordado, para a realização da análise comparativa de implantação dos sistemas construtivos em um mesmo projeto, por meio da elaboração de orçamentos.

3.1 Os projetos

Para a análise comparativa da parede dupla de concreto pré-fabricada e alvenaria convencional, foi utilizado como base um projeto de uma residência unifamiliar de padrão baixo tipo R1-B, de acordo com a NBR 12721:2006, de exatos 50,20 m² de área construída, sendo do tipo térreo, e composta por dois quartos, uma

sala, um banheiro, uma cozinha, uma área de circulação, uma varanda e uma área de serviço, fornecida por fabricante da parede dupla. Esse projeto foi adaptado para a sua construção por meio dos dois sistemas construtivos, e as dimensões de cada cômodo que o compõe estão especificadas na tabela a seguir.

Tabela 2 – Descrição de áreas dos cômodos do projeto utilizado

CÔMODOS	ÁREA (m ²)
Varanda	4,85
Sala de estar	11,06
Área de circulação	2,78
Quarto 1	8,44
Quarto 2	10,93
Banheiro	2,96
Cozinha	6,22
Área de serviço	2,96

Fonte: Autor (2019)

As espessuras de paredes e de lajes adotadas para ambos os sistemas construtivos foram adotadas de acordo com as plantas baixa arquitetônica e de lajes fornecidas por fabricante.

O projeto obtido foi para uso da parede dupla de concreto pré-fabricada, onde por meio das dimensões presentes em projeto, de informações disponibilizadas por fabricantes referentes aos custos de fornecimento dos materiais provenientes da indústria e de índices de mão de obra, e por um Documento de Avaliação Técnica coordenado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), o DATec N^o 024-B, foram retiradas todas as informações necessárias para montagem de composições unitárias dos serviços a serem realizados, e posterior elaboração de orçamento analítico, uma vez que apesar do sistema construtivo ser homologado pela Caixa Econômica Federal, não há informações sobre o mesmo referentes a composições e preços unitários em bancos de dados conhecidos como o Sistema Nacional de Custo e Índices da Construção Civil (SINAPI).

O projeto em alvenaria convencional foi uma adaptação do projeto fornecido utilizando o método construtivo anterior. A adaptação foi realizada substituindo as paredes duplas de concreto pré-fabricadas por alvenaria convencional, elaborando-se uma planta baixa no *software Revit*, onde foi possível a criação de uma modelagem em 3D para melhor visualização da residência e a geração de uma planilha de quantitativos de materiais utilizados na sua concepção arquitetônica. Por meio desses dados e utilizando como base o Orçamento de Referência retirado do banco de dados do SINAPI (abril de 2019) no *site* da Caixa Econômica Federal, de um projeto de uma edificação residencial unifamiliar térrea de padrão baixo com 43,61 m², composta por sala, 2 quartos, banheiro, cozinha e tanque externo sem cobertura, com sigla R1_2B_43C_2017, foram montadas as composições unitárias para execução de serviços de cada etapa do empreendimento.

3.2 Levantamento de quantitativos

O levantamento de quantitativos de materiais a serem utilizados para os dois tipos de sistemas construtivos é de suma importância e extremamente necessário para a correta montagem de composições de custos unitários dos serviços, possibilitando a elaboração dos orçamentos analíticos, que irão conter o detalhamento de todas as etapas do empreendimento, resultando na confiabilidade dos dados apresentados.

O levantamento de quantitativos do projeto em paredes duplas de concreto foi realizado por meio de projetos cedidos (arquitetônico e estrutural) por fabricante, informações quanto ao custo de fornecimento das paredes duplas e da laje pré-moldada necessária, de onde foi possível estabelecer o custo por metro quadrado, e informações quanto aos índices de produção de mão de obra junto a fabricantes do sistema construtivo, possibilitando a montagem de composições próprias dos serviços.

Para o projeto de alvenaria convencional, o levantamento de quantitativos foi obtido de maneira automática por meio da modelagem elaborada no *software Revit*, o qual gerou uma Planilha de Quantitativos através de ferramenta específica do programa. Dados em relação a custos de materiais, preço unitário de mão de

obra, bem como seus coeficientes, foram todos extraídos do banco de dados SINAPI.

As especificações quanto à estrutura e os materiais utilizados na sua execução foram os mais próximos possíveis nos projetos dos dois métodos construtivos, de forma a tornar a análise comparativa mais fidedigna possível da realidade, levando em conta os mesmos quantitativos.

Os quantitativos referentes às instalações complementares não foram levantados devido o fato de serem exatamente os mesmos nos dois projetos, embora o método de implantação seja diferente, o que não foi levado em conta.

3.3 Elaboração de orçamentos analíticos

Com posse de todos esses dados, foi iniciado o procedimento para montagem dos orçamentos para implantação dos dois materiais no mesmo projeto. Devido a agilidade no processo, foi utilizado o *software* para engenharia conhecido como OrçaFascio, um programa específico voltado para a criação e montagem de orçamentos, periodicamente atualizado junto aos principais bancos de dados do país, como o Sistema Nacional de Custo e Índices da Construção Civil (SINAPI), Sistema de Orçamento de Obras de Sergipe (ORSE), Secretaria de Infraestrutura do Ceará (SEINFRA), entre outros, possibilitando também a montagem de composições próprias, aspecto explorado no decorrer do trabalho quanto a especificidade do material utilizado no comparativo.

Para a realização da análise comparativa foram considerados somente três itens na elaboração do orçamento: paredes e painéis, revestimento e superestrutura. Os demais não foram incorporados devido ao fato de serem idênticos para os dois sistemas construtivos. Os serviços realizados no método de alvenaria convencional foram considerados sendo em sua maioria com preparo manual e de forma mecânica, já para o método de construção a seco, foi considerada a utilização de materiais pré-fabricados e pré-moldados, devido ao fato de serem características marcantes desses sistemas.

O comparativo se restringiu especificamente às modificações causadas pela implantação de cada material que, de alguma forma, impactaria nos custos de

execução e que poderiam ser comparados entre si, removendo dos orçamentos todos os custos idênticos nos dois projetos.

3.4 Análise comparativa entre os sistemas construtivos

A análise comparativa entre os métodos construtivos restringiu-se a três aspectos: custo, tempo e impacto ambiental. Foram elaborados orçamentos analíticos e cronogramas físico-financeiros para o estudo comparativo para a execução de somente uma unidade habitacional, ambos pelo *software* para engenharia conhecido como OrçaFascio, de onde foi possível verificar a viabilidade de um processo construtivo em relação ao outro.

Além disso, para análise de tempo de execução, foi elaborada um cronograma com estrutura de trabalho no *software MSProject*, de onde foi extraída uma planilha com informações de duração de cada etapa de execução do empreendimento, considerando as dependências e tempos de latência entre as atividades analisadas.

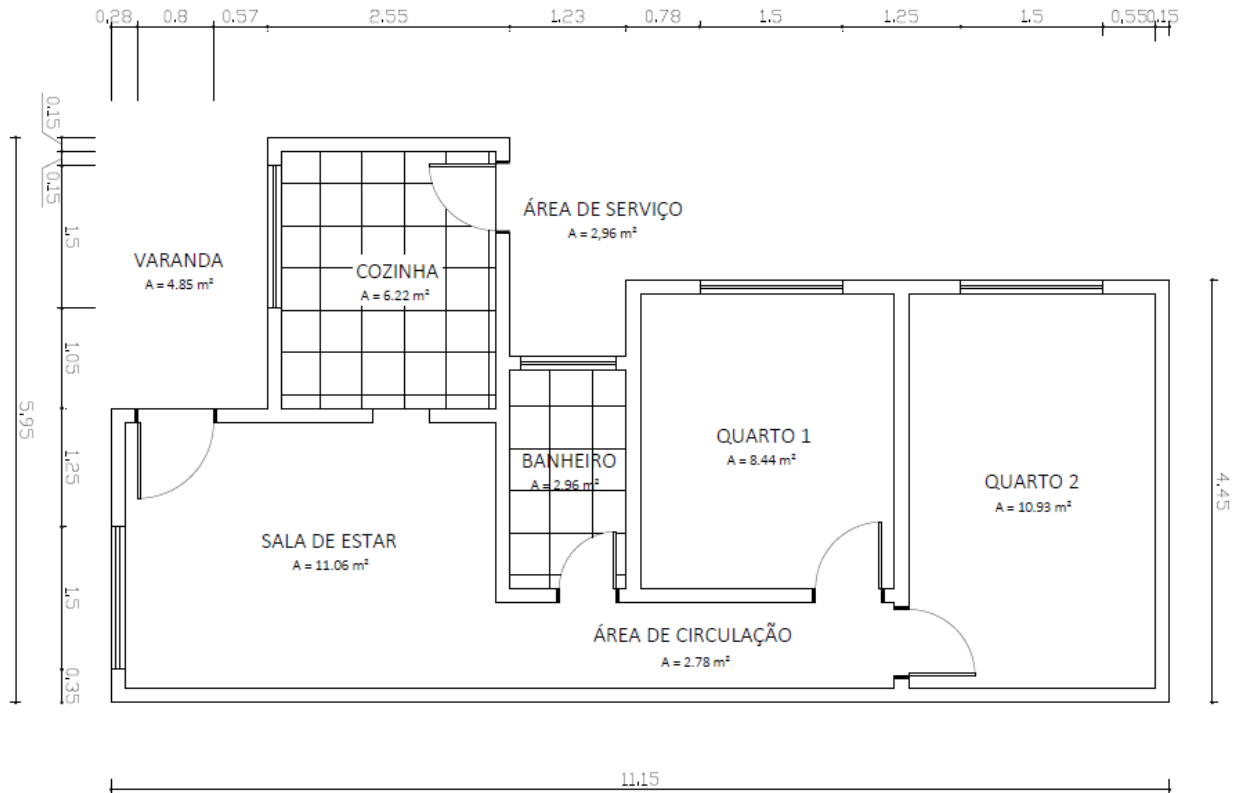
Na montagem da composição própria para a execução da obra por meio das paredes duplas não foi levada em conta o transporte do material (frete), nem o deslocamento de mão de obra especializada da fabricante.

Os resultados desse trabalho servirão de base ou referência para futuros interessados no assunto em questão, seja para o meio acadêmico ou para o mercado local, de maneira a tornar esse novo método construtivo mais relevante para a sociedade, que estão presentes no capítulo seguinte.

4 ESTUDO DE CASO

O projeto utilizado como base nesse estudo de caso apresenta cômodos de acordo com os descritos na Tabela 2 e se caracteriza por ser uma residência unifamiliar de padrão baixo tipo R1-B, de acordo com a NBR 12721:2006, de exatos 50,20 m² de área construída e do tipo térreo. A planta baixa é apropriada tanto para o sistema de alvenaria convencional como para o de paredes duplas de concreto pré-fabricadas, e está ilustrada na Figura 42 a seguir.

Figura 41 - Planta baixa de projeto adaptado para alvenaria convencional

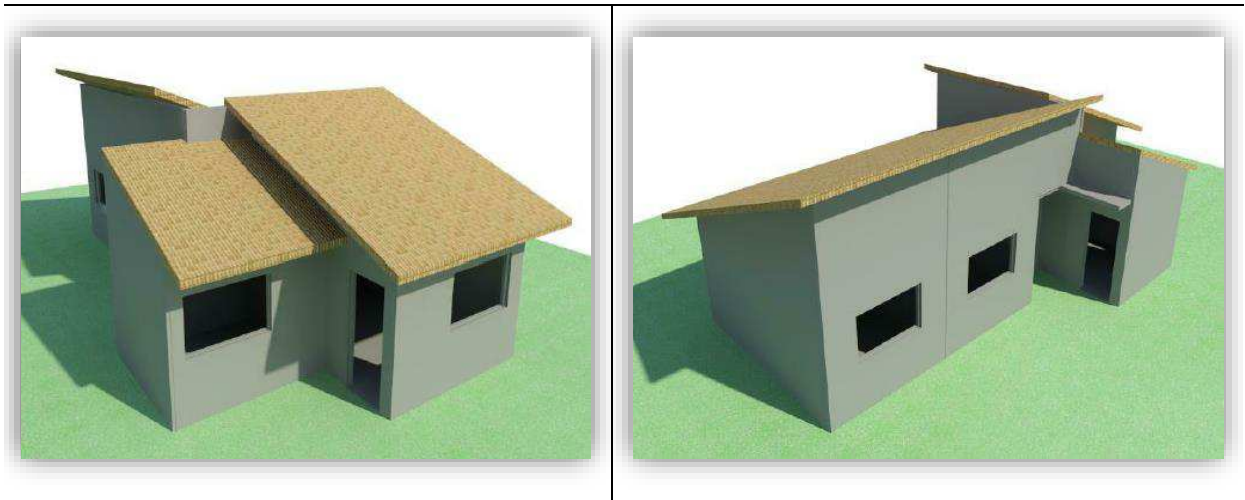


Fonte: Autor (2019)

As paredes adotadas para ambos os sistemas construtivos possuem em sua totalidade 15 cm de espessura, sendo no projeto de parede dupla 4 cm de espessura para cada painel de concreto distanciados por 7 cm pela armadura treliçada, e para o projeto de alvenaria convencional 15cm a espessura do bloco cerâmico com revestimentos. Já as lajes adotadas seguiram as informações fornecidas por fabricante. Esses dados foram retirados de plantas baixa arquitetônica e de lajes, cujas representações estão em anexo.

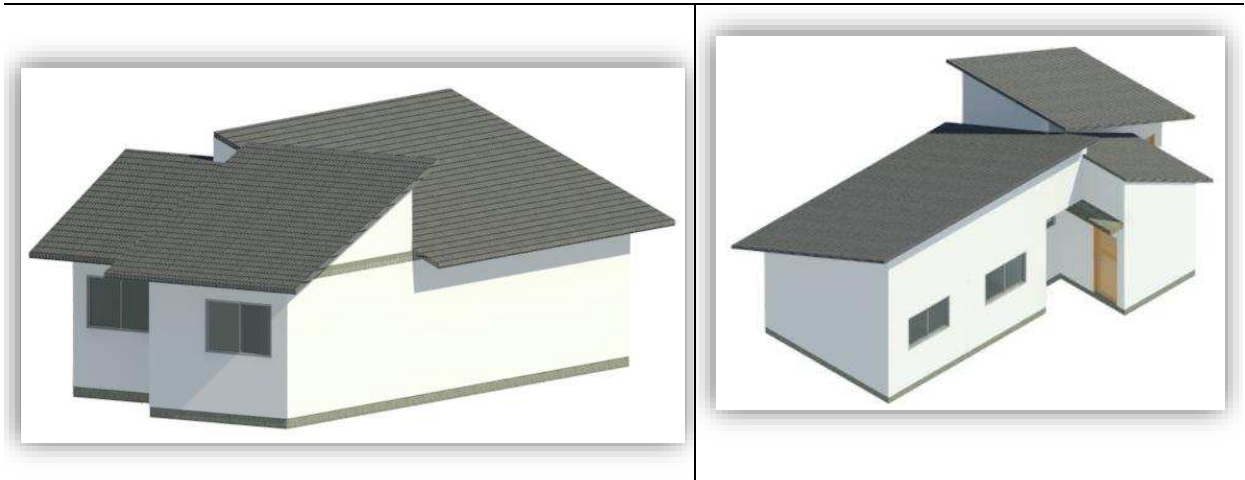
Para melhor visualização da edificação serão disponibilizadas visualizações em 3D para os dois tipos de sistemas construtivos, uma obtida junto à fabricante (Figura 43) e outra desenvolvida pelo autor (Figura 44).

Figura 42 - Visualização em 3D do projeto em parede dupla fornecido por fabricante



Fonte: SUDESTE (2019)

Figura 43 - Modelagem em 3D do projeto em alvenaria convencional realizado em software Revit



Fonte: Autor (2019)

Por meio do projeto em parede dupla foi realizada a sua adequação para execução utilizando alvenaria convencional por meio da elaboração de planta baixa no *software Revit*, resultando na modelagem em 3D do projeto de alvenaria. É importante citar que a modelagem realizada considerou a utilização de toda a estrutura necessária para execução do empreendimento, com a fundação sendo do tipo radier, pilares de dimensões 19x19cm, alvenaria com blocos cerâmicos furados na horizontal com dimensões de 9x19x19cm, presença de cintas de amarração e lajes maciças de concreto com 10cm de altura. A modelagem construída contribuiu significativamente para o levantamento de quantitativos da residência a ser orçada.

4.1 Levantamento de quantitativos

Uma parcela do levantamento de quantitativos foi extraído da modelagem de forma automática pelo programa *Revit* por meio de uma função específica do mesmo, que resultou numa planilha com todos os materiais utilizados na modelagem, possibilitando a elaboração de orçamento de implantação do material de acordo com a concepção arquitetônica.

Quadro 1 - Planilha de quantitativos proveniente de modelagem realizada no *software Revit*

TIPO	QUANTIDADE	
	ÁREA	VOLUME
.Alvenaria_Tijolo	150,02 m ²	14,98 m ³
.Concreto_Pilar	26,82 m ²	0,97 m ³
.Concreto_Piso	163,92 m ²	11,27 m ³
.PACG_Reboco	299,70 m ²	6,74 m ³
.Pintura_Branca	299,61 m ²	0,75 m ³
	940,07 m ²	34,71 m ³

Fonte: Autor (2019)

Dos dados acima, o quantitativo retirado no primeiro item foi utilizado para montagem das composições de etapa de paredes e painéis; o segundo item para o serviço de concretagem de pilares; o terceiro item para concretagem de lajes, onde o desmembramento do valor total expresso englobando radier, cintas e lajes, equivale a 4,75 m³; e o quarto item para os serviços da etapa de revestimento. Outros valores utilizados para construção das composições foram calculados de acordo com o projeto utilizado.

Os pilares utilizados na modelagem possuíam dimensões de 19x19cm, cada um com armação composta por quatro barras de aço CA-50, diâmetro de 8 mm, e por estribos de aço CA-60, diâmetro 5 mm, espaçados a cada 15 cm.

As lajes eram maciças, moldadas *in loco*, têm 10cm de altura, com armação compostas por barras de aço CA-50 com diâmetro de 8 mm, todas armadas em duas direções, exceto a laje que se localiza na mesma projeção da área de circulação na planta baixa.

Para o projeto adaptado para as paredes duplas, foi disponibilizado por fabricante um orçamento de fornecimento dos painéis pré-fabricados em concreto armado. O orçamento disponibilizado compreendeu o fornecimento de paredes e

lajes pré-fabricadas em concreto armado para uma casa de 50,20 m², composta de 151,98 m² de paredes duplas em concreto armado e 50,73 m² de lajes maciças em concreto armado, no valor de R\$ 38.880,00 e R\$ 9.290,00, respectivamente, totalizando R\$ 48.170,00 de elementos pré-fabricados. Com isso, pode-se afirmar que o metro quadrado do fornecimento da parede dupla é o preço de R\$ 255,82, e do fornecimento da laje maciça o preço de R\$ 183,13. Nesse preço total não está incluso taxa de entrega, mão de obra, maquinário para execução de montagem, e nem aço e concreto produzido *in loco* para preenchimento das paredes duplas, porém possui garantia por cinco anos contra defeitos na construção em consequência de ocasionais imperfeições dos serviços e materiais fornecidos.

Em relação à mão de obra empregada nos serviços, todos os preços unitários foram retirados desonerados do SINAPI. Também foram obtidos com fabricantes dados de índices de produção da mão de obra, o qual se fez necessário ter acesso devido à ausência de informações do serviço em banco de dados usuais. Os índices informados compreendem mão de obra composta por três profissionais, sendo um pedreiro e dois serventes, os quais são capazes de realizar a montagem diária de duas unidades da residência descrita (paredes duplas e lajes maciças) com o auxílio de um caminhão *munck*.

4.2 Comparativo de custos com base em orçamentos analíticos

Para o projeto em alvenaria, tendo como referência os quantitativos do Quadro 1, foi elaborado o orçamento analítico para os três itens, com a extração de dados de composições unitárias e insumos provenientes do SINAPI, onde todos os serviços realizados seriam de maneira manual.

Para o projeto em paredes duplas, também foi elaborado um orçamento analítico para os três itens, com a extração de informações necessárias para sua elaboração do Documento de Avaliação Técnica coordenado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), o DATec Nº 024-B, e de informações fornecidas por fabricantes do sistema construtivo.

Todos os itens orçados seguiram os mesmos quantitativos para os dois tipos de métodos construtivos, porém de maneira adaptada. Foram produzidas composições próprias por meio dos dados colhidos para elaboração do orçamento analítico da parede dupla, exceto o serviço de grauteamento vertical da parede

dupla, obtido pelo SINAPI, que foi utilizado o mesmo realizado para bloco de alvenaria estrutural, possibilitando a conclusão da planilha orçamentária.

Por meio do orçamento analítico elaborado foi gerada uma Planilha Orcamentária Resumida para a construção da residência em alvenaria convencional, presente no Quadro 2.

Quadro 2 - Planilha Orçamentária Resumida para alvenaria convencional

Item	Descrição	Total	Peso (%)
1	PAREDES E PAINÉIS	R\$ 9.667,61	21,70 %
2	REVESTIMENTO	R\$ 15.095,50	33,89 %
3	SUPERESTRUTURA	R\$ 19.780,07	44,41 %
		R\$ 44.543,18	

Fonte: Autor (2019)

Por meio do quadro 2, pode-se observar que entre os três itens orçados, o que mais onera a obra é o item 3 denominado superestrutura, representando 44,41% de peso no valor global dentre os mesmos. O item de superestrutura está composto pela construção de dez pilares e seis lajes maciças moldadas in loco, representadas em Figura 3A em anexos. Foram consideradas todas as etapas necessárias para a confecção dos elementos, como fabricação de fôrmas em chapas de madeiras compensadas resinadas, montagem e desmontagem das fôrmas, cortes e dobras de armações em obra, bem como sua montagem, além da concretagem dos elementos, sendo realizada com baldes para pilares devido ao baixo valor de 0,97 m³ e com bomba para lajes devido ao valor mais elevado de 4,75125 m³ de concreto.

O item intermediário do método construtivo configurou-se na etapa de revestimento, no qual foram consideradas as etapas de chapisco, emboço e reboco, representando 33,89% de peso no valor global dentre os itens. Para o chapisco orçado foi utilizado traço 1:3 (cimento e areia grossa) com preparo manual; para o emboço o traço foi 1:2:8 (cimento, cal e areia média) com espessura de 20mm; e para o reboco foi utilizada composição de massa única com traço 1:2:8 (cimento, cal e areia média) com espessura de 20mm, todas com preparo manual.

Para o item paredes e painéis, foi considerada a utilização de blocos cerâmicos furados na horizontal com dimensões 9x19x19cm, como já mencionado, todo o procedimento de assentamento dessa alvenaria, bem como colocação de vergas e contravergas moldadas in loco nos locais necessários, chapiscamento de estruturas de concreto para amarração da alvenaria e confecção de cintas de amarração para suportar as lajes maciças e evitar patologias na alvenaria, como discriminado na Planilha Orçamentária Sintética a seguir.

Quadro 3 - Planilha Orçamentária Sintética para alvenaria convencional

Item	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Total
1			PAREDES E PAINÉIS				R\$ 9.667,61
1.1	87520	SINAPI	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M² COM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO MANUAL. AF_06/2014	m²	150,02	R\$ 48,01	R\$ 7.202,46
1.2	93204	SINAPI	CINTA DE AMARRAÇÃO DE ALVENARIA MOLDADA IN LOCO EM CONCRETO. AF_03/2016	M	50,55	R\$ 28,75	R\$ 1.453,31
1.3	93196	SINAPI	CONTRAVERGA MOLDADA IN LOCO EM CONCRETO PARA VÃOS DE ATÉ 1,5 M DE COMPRIMENTO. AF_03/2016	M	8,975	R\$ 36,40	R\$ 326,69
1.4	93186	SINAPI	VERGA MOLDADA IN LOCO EM CONCRETO PARA JANELAS COM ATÉ 1,5 M DE VÃO. AF_03/2016	M	8,975	R\$ 38,61	R\$ 346,52
1.5	87876	SINAPI	CHAPISCO APLICADO EM ALVENARIAS E ESTRUTURAS DE CONCRETO INTERNAS, COM ROLO PARA TEXTURA ACRÍLICA. ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA COM PREPARO MANUAL. AF_06/2014	m²	10,53	R\$ 7,85	R\$ 82,66
1.6	00037394	SINAPI	FINCAPINO CURTO CALIBRE 22 VERMELHO, CARGA MEDIA (ACAO DIRETA)	CENTO	1	R\$ 26,64	R\$ 26,64
1.7	93188	SINAPI	VERGA MOLDADA IN LOCO EM CONCRETO PARA PORTAS COM ATÉ 1,5 M DE VÃO. AF_03/2016	M	5,9	R\$ 38,87	R\$ 229,33
2			REVESTIMENTO				R\$ 15.095,50
2.1	87904	SINAPI	CHAPISCO APLICADO EM ALVENARIA (COM PRESEÇA DE VÃOS) E ESTRUTURAS DE CONCRETO DE FACHADA, COM COLHER DE PEDREIRO. ARGAMASSA TRAÇO 1:3 COM PREPARO MANUAL. AF_06/2014	m²	299,7	R\$ 5,39	R\$ 1.615,38
2.2	87536	SINAPI	EMBOÇO, PARA RECEBIMENTO DE CERÂMICA, EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MANUAL, APLICADO MANUALMENTE EM FACES INTERNAS DE PAREDES, PARA AMBIENTE COM ÁREA MAIOR QUE 10M2, ESPESSURA DE 20MM, COM EXECUÇÃO DE TALISCAS. AF_06/2014	m²	299,7	R\$ 20,62	R\$ 6.179,81
2.3	87530	SINAPI	MASSA ÚNICA, PARA RECEBIMENTO DE PINTURA, EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MANUAL, APLICADA MANUALMENTE EM FACES INTERNAS DE PAREDES, ESPESSURA DE 20MM, COM EXECUÇÃO DE TALISCAS. AF_06/2014	m²	257,085	R\$ 23,48	R\$ 6.036,36
2.4	90407	SINAPI	MASSA ÚNICA, PARA RECEBIMENTO DE PINTURA, EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MANUAL, APLICADA MANUALMENTE EM TETO, ESPESSURA DE 20MM, COM EXECUÇÃO DE TALISCAS. AF_03/2015	m²	42,615	R\$ 29,66	R\$ 1.263,96
3			SUPERESTRUTURA				R\$ 19.780,07
3.1	92263	SINAPI	FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA PILARES E ESTRUTURAS SIMILARES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, E = 17 MM. AF_12/2015	m²	26,82	R\$ 107,35	R\$ 2.879,13
3.2	92414	SINAPI	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES COM ÁREA MÉDIA DAS SEÇÕES MENOR OU IGUAL A 0,25 M², PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 2 UTILIZAÇÕES. AF_12/2015	m²	26,82	R\$ 84,73	R\$ 2.272,46
3.3	92777	SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	49,77	R\$ 8,58	R\$ 427,03
3.4	92775	SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	10,395	R\$ 10,11	R\$ 105,09

3.5	92718	SINAPI	CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA, COM USO DE BALDES EM EDIFICAÇÃO COM SEÇÃO MÉDIA DE PILARES MENOR OU IGUAL A 0,25 M ² - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_12/2015	m ³	0,97	R\$ 454,09	R\$ 440,47
3.6	92267	SINAPI	FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA LAJES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, E = 17 MM. AF_12/2015	m ²	50,73	R\$ 34,80	R\$ 1.765,40
3.7	92510	SINAPI	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE LAJE MACIÇA COM ÁREA MÉDIA MAIOR QUE 20 M ² , PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 2 UTILIZAÇÕES. AF_12/2015	m ²	50,73	R\$ 33,24	R\$ 1.686,27
3.8	92786	SINAPI	ARMAÇÃO DE LAJE DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	1.074,36	R\$ 7,77	R\$ 8.347,78
3.9	92726	SINAPI	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=20 MPA, PARA LAJES MACIÇAS OU NERVURADAS COM USO DE BOMBA EM EDIFICAÇÃO COM ÁREA MÉDIA DE LAJES MAIOR QUE 20 M ² - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_12/2015	m ³	4,75125	R\$ 390,74	R\$ 1.856,50
						TOTAL	R\$ 44.543,18

Fonte: Autor (2019)

Posteriormente, por meio do orçamento analítico elaborado para a construção da residência em parede dupla de concreto pré-fabricada, foi gerada uma Planilha Orcamentária Resumida, presente no Quadro 4.

Quadro 4 - Planilha Orcamentária Resumida para paredes duplas de concreto pré-fabricadas

Item	Descrição	Total	Peso (%)
1	PAREDES E PAINÉIS	R\$ 47.443,40	82,89 %
2	REVESTIMENTO	R\$ 0,00	0,00 %
3	SUPERESTRUTURA	R\$ 9.793,68	17,11 %
		R\$ 57.237,08	

Fonte: Autor (2019)

Por meio do quadro 4, pode-se concluir que entre os três itens orçados, o que mais onera sua execução é o item 1 denominado paredes e painéis, representando 82,89% de peso no valor global dentre os mesmos. O item 2 se destaca na representação de 0 % de peso no valor total, devido ao método de fabricação das paredes, que se caracteriza por alto grau de qualidade do

acabamento, pronto para receber pintura, dispensando gastos e tempo com execução de revestimento.

O item de paredes e painéis está composto pelo fornecimento diretamente da fábrica dos painéis prontos para montagem, quantitativos de aço engastado na fundação para servir como solidarização das paredes com a infraestrutura durante a montagem, mão de obra e equipamentos para execução do serviço, bem como insumos para execução de juntas e ligações entre os painéis, além do preenchimento com graute do interior das paredes duplas.

O item 3 está composto pelo fornecimento diretamente da fábrica das seis lajes maciças prontas para montagem, mão de obra e equipamentos para a execução do serviço, bem como insumos para o grauteamento dos panos de lajes. O orçamento sintético para o método construtivo está representado no Quadro 5 a seguir.

Quadro 5 - Planilha Orçamentária Sintética para paredes duplas de concreto pré-fabricadas

Item	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Total
1			PAREDES E PAINÉIS				R\$ 47.443,40
1.1	89996	SINAPI	ARMAÇÃO VERTICAL PARA PAREDES DUPLAS; DIÂMETRO DE 10,0 MM. AF_01/2015	KG	155,95	R\$ 5,79	R\$ 902,95
1.2	10077	Próprio	FORNECIMENTO PAREDES DUPLAS DE CONCRETO PRÉ-FABRICADA	m ²	151,98	R\$ 255,82	R\$ 38.879,52
1.3	C.0610	Próprio	MONTAGEM PAREDES DUPLAS EM CAMPO	m ²	151,98	R\$ 21,10	R\$ 3.206,77
1.4	89993	SINAPI	GRAUTEAMENTO VERTICAL EM PAREDE DUPLA. AF_01/2015	m ³	8	R\$ 556,77	R\$ 4.454,16
2			REVESTIMENTO				R\$ 0,00
3			SUPERESTRUTURA				R\$ 9.793,68
3.1	10083	Próprio	FORNECIMENTO LAJE MACIÇA DE CONCRETO PRÉ-FABRICADA	m ²	50,73	R\$ 183,13	R\$ 9.290,18
3.2	C.0615	Próprio	MONTAGEM LAJE MACIÇA EM CAMPO	m ²	50,73	R\$ 7,84	R\$ 397,72
3.3	89993	SINAPI	GRAUTEAMENTO VERTICAL EM PAREDES DUPLAS. AF_01/2015	m ³	0,19	R\$ 556,77	R\$ 105,78
TOTAL							R\$ 57.237,08

Fonte: Autor (2019)

Por meio de todos esses dados obtidos pelos orçamentos analíticos, verifica-se que o sistema construtivo de parede dupla de concreto pré-fabricada apresentou-se inviável do ponto de vista econômico em comparação com o sistema construtivo de alvenaria convencional, quanto à execução de uma unidade residencial como a do projeto descrito nesse trabalho. A diferença de custos entre os

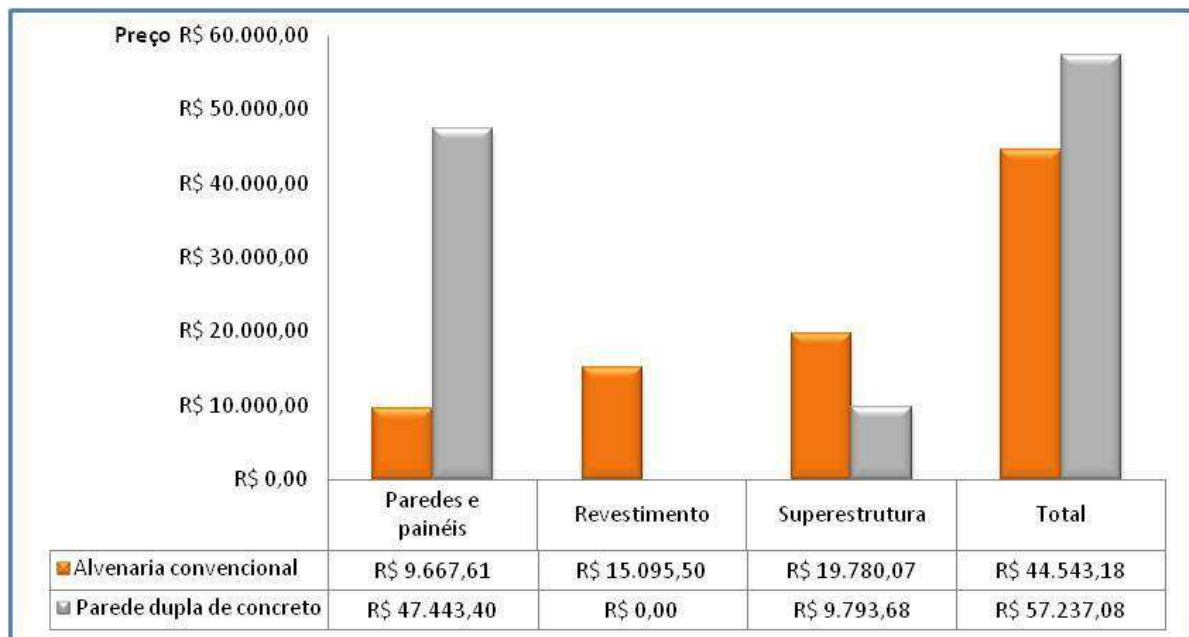
dois foi de R\$ 12.693,90, como pode ser observado no Quadro 6 e na Figura 45 a seguir.

Quadro 6 - Resumo comparativo para uma residência

ETAPA	ALVENARIA CONVENCIONAL	PAREDE DUPLA DE CONCRETO PRÉ-FABRICADA	ECONOMIA
	VALOR TOTAL	VALOR TOTAL	VALOR TOTAL
PAREDES E PAINÉIS	R\$ 9.667,61	R\$ 47.443,40	-R\$ 37.775,79
REVESTIMENTO	R\$ 15.095,50	R\$ 0,00	R\$ 15.095,50
SUPERESTRUTURA	R\$ 19.780,07	R\$ 9.793,68	R\$ 9.986,39
TOTAL	R\$ 44.543,18	R\$ 57.237,08	-R\$ 12.693,90

Fonte: Autor (2019)

Figura 44 - Resumo gráfico de custos de implantação dos sistemas construtivos por etapas



Fonte: Autor (2019)

Assim, percebe-se que grande parte dos custos da implantação da parede dupla de concreto pré-fabricada se concentra no item paredes e painéis, uma vez que o sistema construtivo é essencialmente produzido em escala industrial antes de estar presente no canteiro, restando sua montagem no local, o que justifica o valor de R\$ 37.775,79 a mais que o sistema de alvenaria convencional.

O fato dos painéis pré-fabricados possuírem função estrutural na implantação desse projeto dispensa o uso de pilares e vigas, o que diminuiu por mais da metade os gastos com superestrutura, bem como o fato das lajes também serem fornecidas pela fábrica prontas para montagem.

Por último, a maior diferença em custos de itens observados foi no item revestimento, devido ao fato do método de construção a seco dispensar a etapa de revestimento, pois o mesmo já é fornecido apto para recebimento de pintura.

A grande diferença de valores de um sistema construtivo para o outro aplicado em um mesmo projeto já era prevista, uma vez que a maior economia do método de parede dupla se dá não ao material em si, mas devido ao menor tempo de execução, menores gastos com mão de obra, equipamentos, redução de desperdícios, imprevistos e retrabalhos. Sendo assim, esses aspectos seriam bem mais perceptíveis caso o estudo fosse replicado em larga escala de forma detalhada, pois o reaproveitamento de materiais seria muito maior e provavelmente compensaria seu custo mais elevado.

Os gastos com mão de obra são um grande diferencial nesse comparativo, com isso foi feita uma análise do seu custo juntamente com o tempo de execução do empreendimento, de forma a se determinar uma variável que possa compensar o fator custo de implantação do material, presente no tópico a seguir.

4.3 Comparativo do ponto de vista temporal com base em cronogramas físico-financeiros

Fez-se uma análise sobre os custos com mão de obra em cada um dos serviços dos dois métodos construtivos, de acordo com os índices de produção obtidos, seja pelo SINAPI ou por composição própria, onde foi possível determinar o prazo de execução do empreendimento adotado para os dois métodos construtivos.

Para o projeto adaptado para alvenaria convencional, foi elaborada uma estrutura de trabalho no *software MSProject*, onde analisou-se os custos com mão de obra e o tempo demandado para conclusão de cada etapa do processo, iniciando os trabalhos no dia 1º de julho de 2019. O tempo de execução foi calculado para cada serviço de acordo com os índices de produção provenientes do SINAPI e os

respectivos quantitativos levantados inicialmente, onde foram alocados em uma planilha de recursos e em uma planilha de uso dos recursos em cada serviço. Importante salientar que na planilha, a coluna “unid. máximas” se refere a quantidade de recursos disponíveis no canteiro, onde de acordo com os índices de produção, precisa-se de dois serventes para cada pedreiro. A equipe foi dobrada devido à execução da etapa de revestimento, onde dois serviços ocorrem concomitantemente.

A Planilha de Recursos pode ser observada no Quadro 7, a Planilha de Uso dos Recursos no Quadro 8, e a estrutura de trabalho para a execução de uma residência no Quadro 9.

Quadro 7 - Planilha de Recursos para o sistema construtivo alvenaria convencional

ID	Nome do recurso	Tipo	Unid. máximas	Taxa padrão
1	Pedreiro	Trabalho	2	R\$ 15,16/hr
2	Servente	Trabalho	4	R\$ 11,28/hr
3	Carpinteiro	Trabalho	1	R\$ 14,83/hr
4	Ajudante de carpinteiro	Trabalho	1	R\$ 12,14/hr
5	Armador	Trabalho	1	R\$ 15,05/hr
6	Ajudante de armador	Trabalho	1	R\$ 11,12/hr

Fonte: Autor (2019)

Quadro 8 - Planilha de Uso dos Recursos para o sistema construtivo alvenaria convencional

ID	Nome do recurso	Trabalho
1	Pedreiro	569,29 hrs
	<i>Assentamento de blocos cerâmicos</i>	232,53 hrs
	<i>Vergas e contravergas</i>	8,61 hrs
	<i>Chapiscamento para amarração da alvenaria em estruturas de concreto</i>	0,45 hrs
	<i>Execução de cinta de amarração</i>	18,2 hrs
	<i>Chapisco</i>	54,85 hrs
	<i>Emboço</i>	95,91 hrs
	<i>Reboco</i>	154,5 hrs
	<i>Concretagem de pilares</i>	1,8 hrs
	<i>Concretagem de lajes</i>	2,44 hrs
2	Servente	257,3 hrs
	<i>Assentamento de blocos cerâmicos</i>	116,27 hrs
	<i>Vergas e contravergas</i>	4,31 hrs
	<i>Chapiscamento para amarração da alvenaria em estruturas de concreto</i>	0,48 hrs
	<i>Execução de cinta de amarração</i>	9,1 hrs
	<i>Chapisco</i>	27,28 hrs
	<i>Emboço</i>	35,37 hrs
	<i>Reboco</i>	56,3 hrs
	<i>Concretagem de pilares</i>	5,4 hrs
	<i>Concretagem de lajes</i>	2,79 hrs
3	Carpinteiro	97,14 hrs
	<i>Fabricação de fôrmas de pilares</i>	28,32 hrs
	<i>Montagem/desmontagem de fôrmas de pilares</i>	30,33 hrs
	<i>Concretagem de pilares</i>	1,8 hrs
	<i>Fabricação de fôrmas de lajes</i>	1,42 hrs
	<i>Montagem/desmontagem de fôrmas de lajes</i>	34,86 hrs
	<i>Concretagem de lajes</i>	0,41 hrs
4	Ajudante de carpinteiro	17,95 hrs
	<i>Fabricação de fôrmas de pilares</i>	5,67 hrs
	<i>Montagem/desmontagem de fôrmas de pilares</i>	5,57 hrs
	<i>Fabricação de fôrmas de lajes</i>	0,31 hrs
	<i>Montagem/desmontagem de fôrmas de lajes</i>	6,4 hrs
5	Armador	98,65 hrs
	<i>Armações de pilares</i>	6,36 hrs
	<i>Armações de lajes</i>	92,29 hrs
6	Ajudante de armador	16,09 hrs
	<i>Armações de pilares</i>	1,04 hrs
	<i>Armações de lajes</i>	15,05 hrs

Fonte: Autor (2019)

Quadro 9 - Estrutura de Trabalho para execução da residência em alvenaria convencional

	EDT	Nome da Tarefa	Custo	Duração	Início	Término	Predecessoras
0	0	▸ EXECUÇÃO DE RESIDÊNCIA EM ALVENARIA CONVENCIONAL	R\$ 14.854,88	81,43 dias	Seg 01/07/19	Sex 11/10/19	
1	1	▸ Paredes e painéis	R\$ 5.406,62	34,4 dias	Qua 17/07/19	Qui 29/08/19	
2	1.1	Assentamento de blocos cerâmicos	R\$ 4.836,68	29,07 dias	Sex 19/07/19	Seg 26/08/19	4TI+2 dias
3	1.2	Vergas e contravergas	R\$ 179,14	1,08 dias	Qua 07/08/19	Qui 08/08/19	2II+15 dias
4	1.3	Chapiscamento para amarração da alvenaria em estruturas de concreto	R\$ 12,24	0,06 dias	Qua 17/07/19	Qua 17/07/19	14TI+5 dias
5	1.4	Execução de cinta de amarração	R\$ 378,56	2,28 dias	Ter 27/08/19	Qui 29/08/19	2TI+1 dia
6	2	▸ Revestimento	R\$ 5.969,50	27,31 dias	Sex 06/09/19	Sex 11/10/19	
7	2.1	Chapisco	R\$ 1.139,24	6,86 dias	Sex 06/09/19	Seg 16/09/19	18
8	2.2	Emboço	R\$ 1.852,97	11,99 dias	Qua 11/09/19	Qui 26/09/19	7II+3 dias
9	2.3	Reboco	R\$ 2.977,28	19,31 dias	Qua 18/09/19	Sex 11/10/19	8II+5 dias
10	3	▸ Superestrutura	R\$ 3.478,76	54,11 dias	Seg 01/07/19	Sex 06/09/19	
11	3.1	Fabricação de fôrmas de pilares	R\$ 488,82	3,54 dias	Seg 01/07/19	Qui 04/07/19	
12	3.2	Armações de pilares	R\$ 107,28	0,8 dias	Seg 01/07/19	Seg 01/07/19	
13	3.3	Montagem/desmontagem de fôrmas de pilares	R\$ 517,41	3,79 dias	Qui 04/07/19	Ter 09/07/19	11
14	3.4	Concretagem de pilares	R\$ 114,89	0,68 dias	Ter 09/07/19	Qua 10/07/19	13
15	3.5	Fabricação de fôrmas de lajes	R\$ 24,82	0,18 dias	Sex 30/08/19	Sex 30/08/19	17II-1 dia
16	3.6	Armações de lajes	R\$ 1.556,32	11,54 dias	Qui 15/08/19	Sex 30/08/19	15IT
17	3.7	Montagem/desmontagem de fôrmas de lajes	R\$ 594,67	4,36 dias	Sáb 31/08/19	Sex 06/09/19	5TI+2 dias
18	3.8	Concretagem de lajes	R\$ 74,54	0,35 dias	Sex 06/09/19	Sex 06/09/19	17

Fonte: Autor (2019)

Assim, pode-se concluir que do valor total de R\$ 44.543,18 para a execução do empreendimento em alvenaria convencional, R\$ 14.854,88 de custos são referentes à mão de obra, ou seja, 33,35% do custo total para sua implantação, sendo uma parte significativa da obra. E o tempo de execução do empreendimento, levando em conta as dependências entre os serviços, e o tempo de latência para execução entre os mesmos, ficou determinado em 81,43 dias de trabalho, de acordo com uma jornada de trabalho de 44 horas semanais e incluindo feriados durante o período, onde o empreendimento se inicia no dia 01/07/2019 e finaliza no dia 11/10/2019.

Todo esse procedimento para obtenção dos dados acima foi realizado para o outro método construtivo, porém sem a presença de carpinteiro e ajudante de carpinteiro no canteiro de obras e com a utilização de um caminhão *munck* responsável pelos içamentos dos painéis para montagem, onde pode-se observar nos quadros a seguir.

Quadro 10 - Planilha de Recursos para o sistema construtivo paredes duplas de concreto

ID	Nome do recurso	Tipo	Unid. máximas	Taxa padrão
1	Pedreiro	Trabalho	1	R\$ 15,16/hr
2	Servente	Trabalho	2	R\$ 11,28/hr
3	Armador	Trabalho	1	R\$ 15,05/hr
4	Ajudante de armador	Trabalho	1	R\$ 11,12/hr
5	Caminhão munck	Trabalho	1	R\$ 146,64/hr

Fonte: Autor (2019)

Quadro 11 - Planilha de Uso dos Recursos para o sistema construtivo paredes duplas de concreto

ID	Nome do recurso	Trabalho
1	Pedreiro	90,77 hrs
	<i>Armação de engastamento no radier</i>	9,78 hrs
	<i>Encaixe de paredes duplas</i>	3,65 hrs
	<i>Tratamento de juntas</i>	8 hrs
	<i>Grauteamento de paredes duplas</i>	64,8 hrs
	<i>Encaixe de lajes pré-moldadas</i>	2 hrs
	<i>Tratamento de juntas</i>	1 hr
	<i>Grauteamento de panos de lajes</i>	1,54 hrs
2	Servente	76,49 hrs
	<i>Armação de engastamento no radier</i>	6,91 hrs
	<i>Encaixe de paredes duplas</i>	3,65 hrs
	<i>Colocação de aprumadores de paredes</i>	4 hrs
	<i>Colocação de armaduras de ligação</i>	4 hrs
	<i>Tratamento de juntas</i>	8 hrs
	<i>Grauteamento de paredes duplas</i>	45,84 hrs
	<i>Encaixe de lajes pré-moldadas</i>	2 hrs
	<i>Tratamento de juntas</i>	1 hr
	<i>Grauteamento de panos de lajes</i>	1,09 hrs
3	Armador	41,92 hrs
	<i>Colocação de armaduras de ligação</i>	41,92 hrs
4	Ajudante de armador	17,97 hrs
	<i>Colocação de armaduras de ligação</i>	17,97 hrs
5	Caminhão munck	5,65 hrs
	<i>Encaixe de paredes duplas</i>	3,65 hrs
	<i>Encaixe de lajes pré-moldadas</i>	2 hrs

Fonte: Autor (2019)

Quadro 12 - Estrutura de Trabalho para execução da residência em paredes duplas de concreto

	EDT	Nome da Tarefa	Custo	Duração	Início	Término	Predecessoras
0	0	EXECUÇÃO DE RESIDÊNCIA EM PAREDE DUPLA	R\$ 3.898,12	31,21 dias	Seg 01/07/19	Qui 08/08/19	
1	1	Paredes e painéis	R\$ 3.489,88	15,06 dias	Seg 01/07/19	Sex 19/07/19	
2	1.1	Armação de engastamento no radier	R\$ 226,21	1,22 dias	Seg 01/07/19	Ter 02/07/19	
3	1.2	Encaixe de paredes duplas	R\$ 631,74	0,46 dias	Ter 02/07/19	Ter 02/07/19	2
4	1.3	Colocação de aprumadores de paredes	R\$ 45,12	0,5 dias	Ter 02/07/19	Ter 02/07/19	2
5	1.4	Colocação de armaduras de ligação	R\$ 875,84	5,24 dias	Ter 02/07/19	Ter 09/07/19	4
6	1.5	Tratamento de juntas	R\$ 211,52	1 dia	Ter 02/07/19	Qua 03/07/19	4
7	1.6	Grauteamento de paredes duplas	R\$ 1.499,44	8,1 dias	Ter 09/07/19	Sex 19/07/19	5
8	2	Superestrutura	R\$ 408,24	1,15 dias	Qua 07/08/19	Qui 08/08/19	
9	2.1	Encaixe de lajes pré-moldadas	R\$ 346,16	0,25 dias	Qua 07/08/19	Qua 07/08/19	7TI+15 dias
10	2.2	Tratamento de juntas	R\$ 26,44	0,13 dias	Qui 08/08/19	Qui 08/08/19	9
11	2.3	Grauteamento de panos de lajes	R\$ 35,64	0,19 dias	Qui 08/08/19	Qui 08/08/19	10

Fonte: Autor (2019)

Logo, pode-se observar que do valor total de R\$ 57.237,08 para a execução do empreendimento em parede dupla de concreto, R\$ 3.898,12 de custos são referentes à mão de obra, ou seja, 6,81% do custo total para sua implantação, sendo uma fatia bem reduzida. E o tempo de execução do empreendimento, levando em conta as dependências entre os serviços, e o tempo de latência para execução entre os mesmos, ficou determinado em 31,21 dias de trabalho, de acordo com uma jornada de trabalho de 44 horas semanais e incluindo feriados durante o período, onde o empreendimento se inicia no dia 01/07/2019 e finaliza no dia 08/08/2019.

Realizando um comparativo entre os gastos com mão de obra e prazo de execução dos itens para a residência com os dois métodos construtivos, pode-se concluir que a economia com mão de obra para o sistema construtivo de construção a seco se resume em torno de R\$ 10.956,76, ou seja, uma redução de 73,76%.

Quadro 13 - Comparativo de custo de mão de obra dos dois sistemas construtivos

ETAPA	ALVENARIA CONVENCIONAL	PAREDE DUPLA DE CONCRETO PRÉ-FABRICADA	ECONOMIA
	VALOR TOTAL	VALOR TOTAL	VALOR TOTAL
PAREDES E PAINÉIS	R\$ 5.406,62	R\$ 3.489,88	R\$ 1.916,74
REVESTIMENTO	R\$ 5.969,50	R\$ 0,00	R\$ 5.969,50
SUPERESTRUTURA	R\$ 3.478,76	R\$ 408,24	R\$ 3.070,52
TOTAL	R\$ 14.854,88	R\$ 3.898,12	R\$ 10.956,76

Fonte: Autor (2019)

Esse dado se reflete na previsão para entrega dos serviços, onde houve uma redução no tempo de execução de 50,22 dias, tornando-se possível finalizar as etapas de paredes e painéis, revestimento e superestrutura em apenas 31,21 dias. Isso se deve ao fato do sistema construtivo ser pré-fabricado, permitindo a racionalização no canteiro de obras, evitando etapas de desperdício, atrasos no cronograma e retrabalhos. Esse aspecto é de suma importância no comparativo, uma vez que um estudo mais profundo poderia constatar seu grande benefício de acordo com os objetivos do construtor, apesar do maior custo geral.

É importante salientar que, de acordo com o grau financeiro do construtor, um método pode se tornar mais vantajoso que o outro, uma vez que a implantação do sistema construtivo inovador necessita de um maior aporte de capital, porém pode viabilizar um retorno do empreendimento de maneira mais veloz, favorecendo obras em larga escala e construções de habitação popular. Um cronograma físico-financeiro foi elaborado de acordo com a execução da residência para cada método construtivo, de forma a evidenciar a influência do poder aquisitivo do construtor na escolha do método a ser utilizado, como pode ser ilustrado na Figura 50 e 51 a seguir.

Figura 45 - Cronograma físico-financeiro de residência de alvenaria convencional

Item	Descrição	Total Por Etapa	30 DIAS	60 DIAS	90 DIAS
1	PAREDES E PAINÉIS	9.667,61			
1.1	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M² COM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO MANUAL. AF_06/2014	100,00% 7.202,46	31,00% 2.232,76	69,00% 4.969,70	
1.2	CINTA DE AMARRAÇÃO DE ALVENARIA MOLDADA IN LOCO EM CONCRETO. AF_03/2016	100,00% 1.453,31		12,00% 174,40	88,00% 1.278,91
1.3	CONTRAVERGA MOLDADA IN LOCO EM CONCRETO PARA VÃOS DE ATÉ 1,5 M DE COMPRIMENTO. AF_03/2016	100,00% 326,69		100,00% 326,69	
1.4	VERGA MOLDADA IN LOCO EM CONCRETO PARA JANELAS COM ATÉ 1,5 M DE VÃO. AF_03/2016	100,00% 346,52		100,00% 346,52	
1.5	CHAPISCO APLICADO EM ALVENARIAS E ESTRUTURAS DE CONCRETO INTERNAS, COM ROLO PARA TEXTURA ACRÍLICA. ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA COM PREPARO MANUAL. AF_06/2014	100,00% 82,66	100,00% 82,66		
1.6	VERGA MOLDADA IN LOCO EM CONCRETO PARA PORTAS COM ATÉ 1,5 M DE VÃO. AF_03/2016	100,00% 229,33		100,00% 229,33	
1.7	FINCAPINO CURTO CALIBRE 22 VERMELHO, CARGA MEDIA (AÇAO DIRETA)	100,00% 26,64	100,00% 26,64		
2	REVESTIMENTO	15.095,50			
2.1	CHAPISCO APLICADO EM ALVENARIA (COM PRESENÇA DE VÃOS) E ESTRUTURAS DE CONCRETO DE FACHADA, COM COLHER DE PEDREIRO. ARGAMASSA TRAÇO 1:3 COM PREPARO MANUAL. AF_06/2014	100,00% 1.615,38			100,00% 1.615,38
2.2	EMBOÇO, PARA RECEBIMENTO DE CERÂMICA, EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MANUAL, APLICADO MANUALMENTE EM FACES INTERNAS DE PAREDES, PARA AMBIENTE COM ÁREA MAIOR QUE 10M2, ESPESSURA DE 20MM, COM EXECUÇÃO DE TALISCAS. AF_06/2014	100,00% 6.179,81			100,00% 6.179,81
2.3	MASSA ÚNICA, PARA RECEBIMENTO DE PINTURA, EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MANUAL, APLICADA MANUALMENTE EM FACES INTERNAS DE PAREDES, ESPESSURA DE 20MM, COM EXECUÇÃO DE TALISCAS. AF_06/2014	100,00% 6.036,35			100,00% 6.036,35
2.4	MASSA ÚNICA, PARA RECEBIMENTO DE PINTURA, EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MANUAL, APLICADA MANUALMENTE EM TETO, ESPESSURA DE 20MM, COM EXECUÇÃO DE TALISCAS. AF_03/2015	100,00% 1.263,96			100,00% 1.263,96
3	SUPERESTRUTURA	19.780,07			
3.1	FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA PILARES E ESTRUTURAS SIMILARES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, E = 17 MM. AF_12/2015	100,00% 2.879,12	100,00% 2.879,12		
3.2	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES COM ÁREA MÉDIA DAS SEÇÕES MENOR OU IGUAL A 0,25 M², PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 2 UTILIZAÇÕES. AF_12/2015	100,00% 2.272,45	100,00% 2.272,45		
3.3	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	100,00% 427,02	100,00% 427,02		
3.4	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	100,00% 105,09	100,00% 105,09		
3.5	CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA, COM USO DE BALDES EM EDIFICAÇÃO COM SEÇÃO MÉDIA DE PILARES MENOR OU IGUAL A 0,25 M² - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_12/2015	100,00% 440,46	100,00% 440,46		
3.6	FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA LAJES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, E = 17 MM. AF_12/2015	100,00% 1.765,40			100,00% 1.765,40
3.7	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE LAJE MACIÇA COM ÁREA MÉDIA MAIOR QUE 20 M², PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 2 UTILIZAÇÕES. AF_12/2015	100,00% 1.686,26			100,00% 1.686,26
3.8	ARMAÇÃO DE LAJE DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	100,00% 8.347,77		75,00% 6.260,83	25,00% 2.086,94
3.9	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=20 MPA, PARA LAJES MACIÇAS OU NERVURADAS COM USO DE BOMBA EM EDIFICAÇÃO COM ÁREA MÉDIA DE LAJES MAIOR QUE 20 M² - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_12/2015	100,00% 1.856,50			100,00% 1.856,50
	Porcentagem		19,01%	27,63%	53,36%
	Custo		R\$ 8.466,20	R\$ 12.307,46	R\$ 23.769,52
	Porcentagem		19,01%	46,64%	100,0%
	Custo Acumulado		R\$ 8.466,20	R\$ 20.773,66	R\$ 44.543,18

Fonte: Autor (2019)

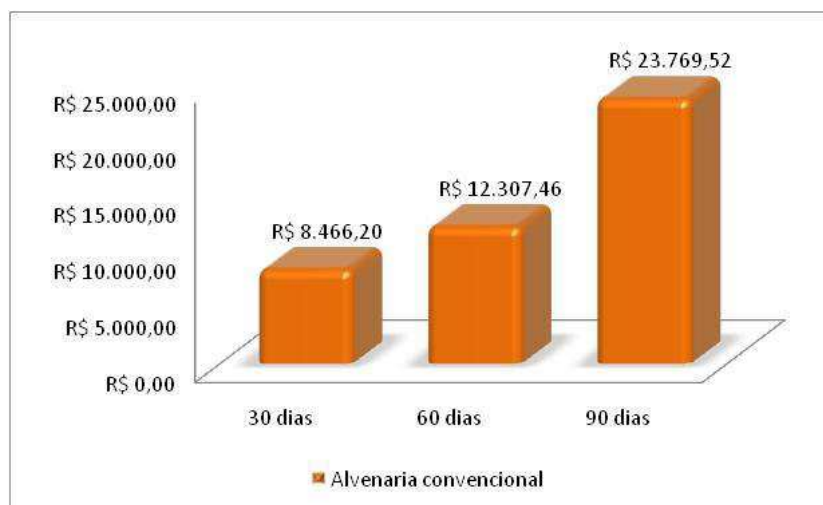
Figura 46 - Cronograma físico-financeiro de residência de parede dupla de concreto

Item	Descrição	Total Por Etapa	10 DIAS	20 DIAS	30 DIAS	40 DIAS
1	PAREDES E PAINÉIS	47.443,40				
1.1	ARMAÇÃO VERTICAL DE ALVENARIA ESTRUTURAL; DIÂMETRO DE 10,0 MM. AF_01/2015	100,00% 902,95	100,00% 902,95			
1.2	FORNECIMENTO PAREDES DUPLAS DE CONCRETO PRÉ-FABRICADA	100,00% 38.879,52	100,00% 38.879,52			
1.3	MONTAGEM PAREDES DUPLAS EM CAMPO	100,00% 3.206,77	100,00% 3.206,77			
1.4	GRAUTEAMENTO VERTICAL EM PAREDE DUPLA. AF_01/2015	100,00% 4.454,16	19,00% 846,29	81,00% 3.607,87		
2	REVESTIMENTO	0,00				
3	SUPERESTRUTURA	9.793,68				
3.1	FORNECIMENTO LAJE MACIÇA DE CONCRETO PRÉ-FABRICADA	100,00% 9.290,18				100,00% 9.290,18
3.2	MONTAGEM LAJE MACIÇA EM CAMPO	100,00% 397,72				100,00% 397,72
3.3	GRAUTEAMENTO VERTICAL EM ALVENARIA ESTRUTURAL. AF_01/2015	100,00% 105,78				100,00% 105,78
	Porcentagem		76,73%	6,31%	0,0%	16,96%
	Custo		R\$ 43.835,53	R\$ 3.607,87	R\$ 0,00	R\$ 9.793,68
	Porcentagem		76,73%	83,04%	83,04%	100,0%
	Custo Acumulado		R\$ 43.835,53	R\$ 47.443,40	R\$ 47.443,40	R\$ 57.237,08

Fonte: Autor (2019)

Logo, pode-se analisar que durante os primeiros 30 dias, 60 dias e 90 dias de execução dos três itens analisados da residência de alvenaria convencional, é necessário ter em caixa em cada período R\$ 8.466,20, R\$ 12.307,46 e R\$ 23.769,52, respectivamente. Ou seja, a cada mês de execução, os gastos para contribuir para a finalização da obra aumentam, onde é possível constatar que o maior gasto será no último mês. Assim sendo, não é necessário se ter um grande aporte de capital para iniciar o empreendimento. As informações descritas foram resumidas na Figura 48 a seguir para melhor entendimento.

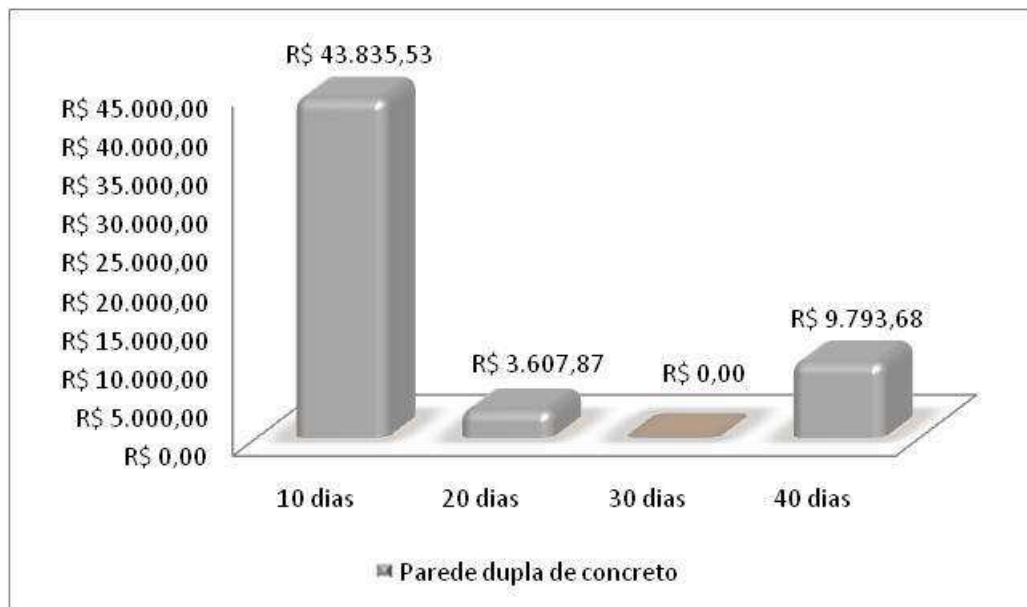
Figura 47 - Resumo de gastos mensais na execução da residência em alvenaria convencional



Fonte: Autor (2019)

Para a parede dupla de concreto pré-fabricada, a mesma metodologia de análise foi adotada, porém com blocos de 10 dias, onde pode-se analisar que durante os primeiros 10 dias, 20 dias, 30 dias e 40 dias de execução dos três itens da residência, é necessário ter em caixa em cada período R\$ 43.835,53, R\$ 3.607,87, R\$ 0,00 e R\$ 9.793,68, respectivamente. Ou seja, logo na etapa inicial dos itens é necessário um grande investimento, uma vez que os painéis já são descarregados no canteiro de obras prontos para montagem. Sendo assim, pode-se afirmar a necessidade de um grande aporte de capital para se iniciar um empreendimento com parede dupla de concreto pré-fabricada. As informações descritas foram resumidas na Figura 49 a seguir.

Figura 48 - Resumo de gastos a cada 10 dias na execução da residência em paredes duplas



Fonte: Autor (2019)

Apesar do alto capital inicial para a execução de obra desse tipo, quando replicado em larga escala, o tempo de execução de residências diminui consideravelmente. Esse tempo reduzido se deve ao fato do processo de montagem ser bem mais rápido e ao fato de se trabalhar com elementos pré-fabricados, pois é um processo racionalizado que elimina etapas demoradas para execução, como as esperas de tempos de cura de concreto e de revestimentos.

Do ponto de vista em que o sistema de parede dupla seja um investimento, o mesmo pode possibilitar um tempo de retorno (*payback*) do empreendimento de forma mais acelerada, quando produzido em larga escala, o que

infiere em taxas menores de empréstimo (caso seja feito junto a instituições financeiras). Pelo tempo de execução pode-se inferir que os gastos com administração central também seriam bem reduzidos, bem como com barracões de obra.

Todos esses pontos são bastante importantes de serem levados em conta num estudo bem mais detalhado com todas essas variáveis sendo analisadas, onde poderia se chegar a um resultado bem mais satisfatório.

4.4 Comparativo do ponto de vista ambiental

Em relação à questão de impacto ambiental causado pelos dois processos construtivos não foi possível a quantificação para uma análise devido ao fato de ser necessário ser feito um estudo profundo e detalhado sobre vários aspectos de emissão de gases poluentes, bem como de gerenciamento de obras, porém com o conhecimento adquirido sobre os procedimentos de execução dos serviços na aplicação dos dois sistemas, foi feita uma análise comparativa qualitativa quanto aos benefícios de uso dos mesmos.

A parede dupla de concreto pré-fabricada é um material que durante a sua fase de produção é submetido a uma rigorosa fiscalização, por ser produzido em escala industrial, o que lhes confere alta qualidade, segurança e durabilidade na utilização. São utilizados materiais de baixo impacto, o que diminui desperdícios e reduz a quantidade de resíduos em canteiros de obras, uma grande característica do método de construção a seco, pois não exige alta produção de concreto in loco e, conseqüentemente, utilização de formas de madeira e aço, que costumam gerar uma grande quantidade de entulho.

No modo de construção convencional, a maioria dos serviços realizados contribui para a geração de resíduos de materiais dentro da obra. Quando não há um planejamento para seu armazenamento, ocupam grandes espaços dentro do canteiro, gerando transtornos quanto à entrada e saída de caçambas para sua remoção, se tornando uma preocupação a mais para o corpo produtivo da obra.

Já na utilização da parede dupla de concreto pré-fabricada, essa preocupação é drasticamente reduzida. Além disso, não há perda de materiais no transporte, como no uso de blocos cerâmicos, e desperdícios com água, uma vez

que o próprio método ao qual o sistema construtivo se engloba é chamado de “seco”, pois o uso de água para sua construção é mínimo. Assim, esse processo construtivo é considerado um tipo de construção sustentável, pois é possível construir com qualidade e sem impactar o meio ambiente de maneira negativa.

Porém, conforme dito por John e Prado (2010), “a melhor forma de garantir que não haja agressão ao meio ambiente é planejar todas as etapas da construção buscando sempre reduzir os impactos e garantir a justiça social dentro do orçamento disponível”.

5 CONCLUSÃO

Novos sistemas construtivos têm surgido nas últimas décadas com o intuito de agilizar os processos num canteiro de obras e diminuir custos. No entanto, a cultura construtiva das empresas de construção brasileiras caracteriza-se pela alvenaria tradicional como solução de vedação, com elevado índice de desperdícios e retrabalhos embutidos. A construção civil nacional ainda caminha a pequenos passos no que se refere ao emprego de sistemas racionalizados, enquanto que painéis pré-fabricados são frequentemente utilizados pela construção civil na Europa, Estados Unidos e Canadá, como solução para aliar racionalização à velocidade de produção de subsistemas. (SILVA; SILVA, 2003, p. 8).

A parede dupla de concreto pré-fabricada, um método de construção a seco, visa racionalizar processos no canteiro de obras com o suporte da industrialização, e surge como uma ótima alternativa. Porém, antes da definição de qual método construtivo adotar para a construção de um empreendimento, é preciso conhecer todas as variáveis que o envolve, e todo o seu processo de execução, de forma a se determinar qual possui maior viabilidade, uma vez que cada obra possui sua particularidade.

No comparativo realizado para o projeto escolhido com base em orçamentos analíticos e cronogramas físico-financeiros desenvolvidos, observou-se que em termos financeiros, a parede dupla de concreto ainda é mais onerosa, devido ao alto custo de fornecimento de fábrica, custando R\$ 12.693,90 a mais que a alvenaria convencional no projeto analisado. Porém, esse ponto não pode ser considerado isoladamente, haja vista suas outras vantagens, como a redução do tempo de execução do empreendimento, dos custos com mão de obra e, conseqüentemente, economia com encargos trabalhistas, de entulho no canteiro de obras, nos desperdícios, nos retrabalhos e até custos com administração central.

Apesar do alto custo inicial necessário para a implantação do novo sistema construtivo, a redução no tempo de execução causada por sua utilização é evidente. Isso se deve devido à eliminação de algumas etapas no seu processo construtivo e à sua industrialização, como a etapa de revestimento, onde não há

necessidade de chapisco, emboço e reboco, bem como de assentamento de toda a alvenaria, que demandam bastante tempo da mão de obra para execução.

No estudo realizado houve antecipação da finalização das três etapas estabelecidas num prazo de, aproximadamente, 50 dias, o que contribui significativamente para o cumprimento de cronogramas, eliminação de imprevistos e retrabalhos. Sendo assim, pode-se concluir que para a construção de uma única residência, a parede dupla se torna viável somente se o construtor possuir um alto capital inicial para sua implantação, uma vez que os maiores gastos do sistema construtivo se configuram logo no início da sua execução.

Porém, os resultados obtidos ficariam ainda mais evidentes caso o estudo fosse replicado para construção de empreendimentos em larga escala, necessitando de uma análise mais profunda e detalhada, levando-se em consideração o reaproveitamento de materiais, dimensionamento de equipes de mão de obra, definição de frentes de trabalho e custos com administração central, os quais não foram o foco desse trabalho.

Mesmo com as vantagens citadas, existem alguns empecilhos para a solidez desse método de construção a seco no Brasil, como o baixo acúmulo de conhecimento pelos profissionais da área, resistência dos profissionais do setor da construção civil em assumir os riscos da incerteza, como mencionado por Aro (2004, p. 46), baixa colaboração entre fornecedores e construtoras, e o fato de possuir poucas fábricas no país que o produz, tendo sua concentração maior na região Sudeste, o que inviabiliza sua distribuição em território nacional, como por exemplo, no Nordeste, onde a demanda pela construção de unidades habitacionais populares é muito elevada, devido ao déficit habitacional presente, sendo necessária a atração de investimentos nessa região para adoção de métodos construtivos como esse.

Com isso, a parede dupla de concreto torna-se inviável para a região de São Luís/MA, pois a fábrica mais próxima localiza-se em São Paulo, e em contato com fabricantes, foi informado que não é feito transporte dos painéis a longas distâncias, pois o local mais distante que o fornecimento foi realizado para uma obra foi a 150 km, o que inviabiliza o sistema. Porém, mesmo assim, possui um grande potencial de implantação no território brasileiro, entretanto a mercê de investimentos.

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

O déficit habitacional no Brasil atingiu a marca de 7,78 milhões de unidades habitacionais em 2017 (GAVRAS, 2019). Programas como o Minha Casa Minha Vida buscam cada vez mais sanar esse problema, necessitando da execução de empreendimentos com rapidez e economia. Com a finalidade de atender a esses requisitos, as construtoras estão utilizando sistemas construtivos que possuem características de padronização, trabalho em escala, redução do desperdício e redução do tempo de execução. (BORGES, 2011).

As paredes duplas de concreto são um sistema bastante inovador e que trazem grandes ganhos para execução de um empreendimento. Tendo em vista esses aspectos, preenche os requisitos para ser utilizado em programas para construção de unidades habitacionais populares.

Assim, a realização de estudos similares em larga escala seria de grande valia para comprovar a viabilidade ou não desse sistema construtivo em diferentes esferas. Nesse estudo, para resultados mais completos, seria necessário realizar um detalhamento maior de implantação do método, com um planejamento de obras que englobasse aspectos quanto a custos com administração central, encargos trabalhistas, dimensionamento de equipes, definição de frentes de trabalho, e as demais variáveis que influenciam de forma significativa na sua concepção.

Além disso, recomenda-se que sejam feitos estudos comparativos da parede dupla de concreto pré-fabricada em relação a outros sistemas construtivos, e também estudos de aplicação do método construtivo em residências multifamiliares, de maneira unitária e em larga escala.

E por último, um estudo comparativo detalhado sobre a geração de resíduos e redução de desperdícios que o sistema construtivo de parede dupla de concreto pré-fabricada causa numa construção, de forma a determinar quantitativamente seu impacto ambiental.

REFERÊNCIAS

ACKER, A. V. **Manual de Sistemas Pré-Fabricados de Concreto**. [S. l.]: FIB, 2002. 129 p.

ARO, C. R. **A modernização tecnológica: seu patamar nos sistemas prediais hidráulicos e sanitários**. 2004. 158f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2004.

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

_____. **NBR 8545**: Execução de alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos. Rio de Janeiro, 1984.

_____. **NBR 9062**: Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro, 2017.

_____. **NBR 12721**: Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios - Procedimento. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **NBR 15720-1**: Componentes cerâmicos – Blocos e tijolos para alvenaria. Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2017.

_____. **NBR 16475**: Painéis de parede de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro, 2017.

AZEREDO, H. A. **O edifício até sua cobertura**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher LTDA, 1997.

BARROS, M. B. **Racionalização dos métodos, processos e sistemas construtivos**. 6 p. São Paulo, 1998.

BERTOLINI, H. O. L. **Construção via obras secas como fator de produtividade e qualidade**. 2013. 98f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro / Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2013.

BORGES, F. **Sistema Construtivo de Habitação com Parede de Concreto**. 98f. Projeto Final, Publicação nº 137-2011, Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Goiás. Anápolis, 2011.

BRASIL. Caixa Econômica Federal. **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI**. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_647>. Acesso em: 06 de abril de 2019.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Construção Sustentável**. Brasília-DF, 2010. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/constru%C3%A7%C3%A3o-sustent%C3%A1vel.html>>. Acesso em: 08 de maio de 2019.

CAMPOS, J. C. **Alvenaria Estrutural**: Especialização em Engenharia de Estruturas. Rio de Janeiro, [2017?]. Paginação irregular .

CAPORICI, C. **Negócio do Brasil**: novo sistema construtivo coloca o país em nível de competitividade com a China. [S. l.]: mar. 2012. Disponível em: <https://www.maxpress.com.br/Conteudo/1,481824,Negocio_do_Brasil_Novo_sistema_a_construtivo_coloca_o_pais_em_nivel_de_competitividade_com_a_China,481824,8.htm>. Acesso em: 09 de dezembro de 2018.

CARREGARI, L. **Na era da tecnologia, manter o método tradicional de construção é ultrapassado**. [S. l.]: mar. 2018. Disponível em: <<http://www.congressosteelframe.com.br/na-era-da-tecnologia-manter-o-metodo-tradicional-de-construcao-e-ultrapassado/>>. Acesso em: 09 de dezembro de 2018.

CORRÊA, L. R. **Sustentabilidade na construção civil**. 2009. 70f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais / Escola de Engenharia, Belo Horizonte, 2009.

DIAS, E. C.; GARCIA, F. O cenário de negócios para as empresas da habitação. **Conjuntura da construção**. v. 7, n. 4., Rio de Janeiro, 2009.

FABRICIO, M. M. Industrialização das construções: revisão e atualização de conceitos. In: **Pós. Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP**. São Paulo, 2013. v. 20, n. 33, p. 228-248.

FARAH, M. F. S. **Tecnologia, processo de trabalho e construção habitacional**. 1992. 297f. Tese (Doutorado em Sociologia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

FRANCKLIN JUNIOR, I.; AMARAL, T. G. Inovação tecnológica e modernização na indústria da construção civil. **Revista Ciência et Praxis**. Passos, v.1, n.2, p 11-16, 2008.

GAVRAS, D. Déficit habitacional é recorde no País. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, 2019. Disponível em: <<https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,deficit-habitacional-e-recorde-no-pais,70002669433>> Acesso em: 13 de maio de 2019.

HIRSCHFELD, H. **A construção civil fundamental**: modernas tecnologias. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2005.

JOHN, M. V.; PRADO, R. T. A. (Coord). **Boas Práticas para Habitação Mais Sustentável**. São Paulo: Páginas & Letras – Editora e Gráfica, 2010.

KAEFER, L. F. **A evolução do concreto armado**. PEF 5707 – Concepção, projeto e realização das estruturas: aspectos históricos – 1998.3. 1998. 43f. São Paulo, 1998. Apostila. Disponível em: <<http://www.lem.ep.usp.br/pef605/Historiadoconcreto.pdf>>. Acesso em: 30 de abril de 2019.

MARTINS, M. G.; BARROS, M. M. S. B. **A formação de parcerias como alternativa para impulsionar a inovação na produção de edifícios**. (Boletim

Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil; BT/PCC/291). 26 p. São Paulo: EPUSP, 2005.

MARTUCCI, R.; BASSO, A. Uma visão integrada da análise e avaliação de conjuntos habitacionais: aspectos metodológicos da pós-ocupação e do desempenho tecnológico. In: ABIKO, A. K.; ORNSTEIN, S. W. (Org.). **Inserção Urbana e Avaliação Pós-Ocupação (APO) da Habitação de Interesse Social**. São Paulo: Habitare, 2002. cap 10, p. 269-293.

MEDEIROS, W. **Painel de parede dupla pré-moldado**: análise crítica das indicações na NBR 16475-2017. In: 1º WORKSHOP DE TECNOLOGIA DE PROCESSOS E SISTEMAS CONSTRUTIVOS (TECSIC), 2017, Campinas. Campinas: ANTAC, 2017. Não paginado.

MILITO, J. A. Alvenaria. In: _____ **Técnicas de construção civil e construção de edifícios**. [São Paulo], 2009. 296 p. Apostila. Disponível em: <<http://demilito.com.br/apostila.html>>. Acessado em: 09 de abril de 2019.

MOURA, A.; SÁ, M. V. V. A. Influência da racionalização e industrialização na construção sustentável. **Revista Tecnologia & Informação – Revista Científica da Escola de Engenharias e Ciências Exatas / Universidade Potiguar**, Natal, Ano 1, n.1, p 64-77, 2014.

NOVAES, W. Eco-92: avanços e interrogações. In: _____ **Estudos Avançados**. [São Paulo], 1992. v. 6, n. 15, p. 79-93.

NASCIMENTO, O. L. Alvenarias. **Manual de Construção em Aço**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2004. 54 p.

NAKAMURA, J. Amarração de Alvenaria em Pilar. In: **Construção passo-a-passo**. 1. ed., São Paulo: PINI, 2009. cap. 25, p. 164-170.

OLIVEIRA, P. V. H. et al. **Análise da aplicação de check-list sobre inovações tecnológicas em canteiros de obra**. VIII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO (ENTAC), 2000, Salvador-BA. Não paginado. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/55988502-Analise-da-aplicacao-de-check-list-sobre-inovacoes-tecnologicas-em-canteiros-de-obra.html>>. Acesso: 09 de maio de 2019.

PBQP-H – Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat. **Sistema de paredes DPB de painéis nervurados pré-fabricados de concreto armado – DATec Nº 024-B**. Brasília, DF: PBQP-H, 2018. Disponível em: <http://pbqp-h.cidades.gov.br/projetos_sinat.php>. Acesso em: 15 de maio de 2019.

PRUDENCIO JÚNIOR, L. R.; OLIVEIRA, A. L.; BEDIN, C. A. **Alvenaria Estrutural de Blocos de Concreto**. Florianópolis: [s.n.], 2002.

REBELLO, Y.; LEITE, M. A. D. As primeiras moradias. **Revista aU – Arquitetura & Urbanismo – Pini**. 161. ed. São Paulo: PINI, 2007. p. 3.

RIPPER, E. **Como evitar erros na construção**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1986.

ROTONDARO, R. Adobe. In: NEVES, C.; FARIA, O. B. (Org.). **Técnicas de construção com terra**. Bauru, SP: FEB-UNESP/PROTERRA, 2011. 79p. Disponível em <<http://www.redproterra.org>>. Acessado em 30 de abril de 2019.

ROZA, R. H. Revolução informacional e os avanços tecnológicos da informática e das telecomunicações. **Revista Ciência da Informação**. Maceió, v.4, n.3, p 3-11, set./dez. 2017.

SILVA, F. B. Paredes de painéis pré-fabricados estruturais duplos de concreto armado. **Revista Técnica**, v. 18, n. 154, jan. 2010.

SILVA, M. G.; SILVA, V. G. **Manual de Construção em Aço**: painéis de vedação. 59 p. Rio de Janeiro: CBCA, 2003.

SANTOS, A. **Inovação ainda é o grande dilema da construção civil**. Outubro de 2017. Disponível em: <<https://www.cimentoitambe.com.br/inovacao-dilema-construcao-civil/>>. Acesso em: 09 de dezembro de 2018.

_____. **Parede dupla de concreto potencializa industrialização**. Abril de 2012. Disponível em: <<https://www.cimentoitambe.com.br/parede-dupla-de-concreto-potencializa-industrializacao/>>. Acesso em: 09 de dezembro de 2018.

SUDESTE. **Catálogo 2019**. [São Paulo], 2019. Disponível em: <<https://sudeste.com.br/produto/parede-dupla-sdt/>>. Acesso em: 31 mai. 2019a.

_____. **Parede dupla Sudeste - Descritivo Técnico**. 34 p. [São Paulo], 2019b.

THOMAZ, E. et al. **Código de práticas nº 01**: alvenaria de vedação em blocos cerâmicos. São Paulo: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2009.

UNIVERSIDADE DA AMAZÔNIA (UNAMA). **Alvenaria**. Belém, PA, 2009. Disponível em: <<https://www.ebah.com.br/content/ABAAAiOIAF/alvenaria-vedacao>>. Acesso em: 26 mai. 2019.

VAZ, G. **Normas sobre estruturas e painéis de parede de concreto pré-moldado são publicadas pela ABNT**. Março de 2017. Disponível em: <<http://www.construnormas.pini.com.br/engenharia-instalacoes/noticias/normas-sobre-estruturas-e-paineis-de-parede-de-concreto-pre-moldados-377585-1.aspx>>. Acesso em: 28 de maio de 2019.

ANEXOS

ANEXO A – ORÇAMENTOS ANALÍTICOS

Quadro 1A – Planilha Orçamentária Analítica para alvenaria convencional

1			PAREDES E PAINÉIS				R\$ 9.667,61
1.1	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Total
Composição	87520	SINAPI	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M² COM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO MANUAL. AF_06/2014	m²	1,00000	R\$ 48,01	R\$ 48,01
Composição Auxiliar	87369	SINAPI	ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA) PARA EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MANUAL. AF_06/2014	m³	0,00980	R\$ 384,26	R\$ 3,76
Composição Auxiliar	88309	SINAPI	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	1,55000	R\$ 15,16	R\$ 23,49
Composição Auxiliar	88316	SINAPI	SERVEANTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,77500	R\$ 11,28	R\$ 8,74
Insumo	00007266	SINAPI	BLOCO CERAMICO (ALVENARIA DE VEDACAO), DE 9 X 19 X 19 CM	MIL	0,02831	R\$ 400,00	R\$ 11,32
Insumo	00037395	SINAPI	PINO DE ACO COM FURO, HASTE = 27 MM (ACAO DIRETA)	CENTO	0,00500	R\$ 25,30	R\$ 0,12
Insumo	00034557	SINAPI	TELA DE ACO SOLDADA GALVANIZADA/ZINCADA PARA ALVENARIA, FIO D = *1,20 A 1,70* MM, MALHA 15 X 15 MM, (C X L) *50 X 7,5* CM	M	0,42000	R\$ 1,40	R\$ 0,58

LS => 0,00 MO com LS => R\$ 28,43
Valor com BDI => R\$ 48,01

Quant. => 150,02 Preço Total => R\$ 7.202,46

1.2	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Total
Composição	93204	SINAPI	CINTA DE AMARRAÇÃO DE ALVENARIA MOLDADA IN LOCO EM CONCRETO. AF_03/2016	M	1,0000	R\$ 28,75	R\$ 28,75
Composição Auxiliar	92270	SINAPI	FABRICAÇÃO DE FÓRMA PARA VIGAS, COM MADEIRA SERRADA, E = 25 MM. AF_12/2015	m²	0,2000	R\$ 57,58	R\$ 11,51
Composição Auxiliar	92793	SINAPI	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 8,0 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES. AF_12/2015	KG	0,7900	R\$ 6,03	R\$ 4,76
Composição Auxiliar	94970	SINAPI	CONCRETO FCK = 20MPA, TRAÇO 1:2,7:3 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF_07/2016	m³	0,0154	R\$ 269,25	R\$ 4,14
Composição Auxiliar	88309	SINAPI	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,3600	R\$ 15,16	R\$ 5,45
Composição Auxiliar	88316	SINAPI	SERVEANTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1800	R\$ 11,28	R\$ 2,03
Insumo	00002692	SINAPI	DESMOLDANTE PROTETOR PARA FORMAS DE MADEIRA, DE BASE OLEOSA EMULSIONADA EM AGUA	L	0,0035	R\$ 6,85	R\$ 0,02
Insumo	00039017	SINAPI	ESPAÇADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLÁSTICO, PARA VERGALHAO *4,2 A 12,5* MM, COBRIMENTO 20 MM	UN	6,0000	R\$ 0,14	R\$ 0,84

LS => 0,00 MO com LS => R\$ 8,66
Valor com BDI => R\$ 28,75

Quant. => 50,55 Preço Total => R\$ 1.453,31

1.3	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Total
Composição	93196	SINAPI	CONTRAVERGA MOLDADA IN LOCO EM CONCRETO PARA VÃOS DE ATÉ 1,5 M DE COMPRIMENTO. AF_03/2016	M	1,000	R\$ 36,40	R\$ 36,40
Composição Auxiliar	92270	SINAPI	FABRICAÇÃO DE FÓRMA PARA VIGAS, COM MADEIRA SERRADA, E = 25 MM. AF_12/2015	m²	0,350	R\$ 57,58	R\$ 20,15
Composição Auxiliar	92792	SINAPI	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 6,3 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES. AF_12/2015	KG	0,490	R\$ 5,55	R\$ 2,71
Composição Auxiliar	94970	SINAPI	CONCRETO FCK = 20MPA, TRAÇO 1:2,7:3 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF_07/2016	m³	0,018	R\$ 269,25	R\$ 4,84
Composição Auxiliar	88309	SINAPI	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,376	R\$ 15,16	R\$ 5,70
Composição Auxiliar	88316	SINAPI	SERVEANTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,188	R\$ 11,28	R\$ 2,12
Insumo	00002692	SINAPI	DESMOLDANTE PROTETOR PARA FORMAS DE MADEIRA, DE BASE OLEOSA EMULSIONADA EM AGUA	L	0,006	R\$ 6,85	R\$ 0,04
Insumo	00039017	SINAPI	ESPAÇADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLÁSTICO, PARA VERGALHAO *4,2 A 12,5* MM, COBRIMENTO 20 MM	UN	6,000	R\$ 0,14	R\$ 0,84

LS => 0,00 MO com LS => R\$ 10,22
Valor com BDI => R\$ 36,40

Quant. => 8,975 Preço Total => R\$ 326,69

1.4	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Total
Composição	93186	SINAPI	VERGA MOLDADA IN LOCO EM CONCRETO PARA JANELAS COM ATÉ 1,5 M DE VÃO. AF_03/2016	M	1,000	R\$ 38,61	R\$ 38,61
Composição Auxiliar	92270	SINAPI	FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA VIGAS, COM MADEIRA SERRADA, E = 25 MM. AF_12/2015	m²	0,350	R\$ 57,58	R\$ 20,15
Composição Auxiliar	92792	SINAPI	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 6,3 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES. AF_12/2015	KG	0,490	R\$ 5,55	R\$ 2,71
Composição Auxiliar	94970	SINAPI	CONCRETO FCK = 20MPA, TRAÇO 1:2,7:3 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF_07/2016	m³	0,018	R\$ 269,25	R\$ 4,84
Composição Auxiliar	88309	SINAPI	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,376	R\$ 15,16	R\$ 5,70
Composição Auxiliar	88316	SINAPI	SERVEnte COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,188	R\$ 11,28	R\$ 2,12
Insumo	00002692	SINAPI	DESMOLDANTE PROTETOR PARA FORMAS DE MADEIRA, DE BASE OLEOSA EMULSIONADA EM AGUA	L	0,006	R\$ 6,85	R\$ 0,04
Insumo	00039017	SINAPI	ESPACADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLASTICO, PARA VERGALHAO *4,2 A 12,5* MM, COBRIMENTO 20 MM	UN	6,000	R\$ 0,14	R\$ 0,84
Insumo	00004491	SINAPI	PONTALETE DE MADEIRA NAO APARELHADA *7,5 X 7,5* CM (3 X 3 ") PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIAO	M	0,352	R\$ 6,28	R\$ 2,21

LS => 0,00 MO com LS => R\$ 10,22
Valor com BDI => R\$ 38,61

Quant. => 8,975 Preço Total => R\$ 346,52

1.5	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Total
Composição	87876	SINAPI	CHAPISCO APLICADO EM ALVENARIAS E ESTRUTURAS DE CONCRETO INTERNAS, COM ROLO PARA TEXTURA ACRÍLICA. ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA COM PREPARO MANUAL. AF_06/2014	m²	1,0000	R\$ 7,85	R\$ 7,85
Composição Auxiliar	87401	SINAPI	ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA PARA CHAPISCO ROLADO, PREPARO MANUAL. AF_06/2014	m³	0,0015	R\$ 4.791,42	R\$ 7,18
Composição Auxiliar	88309	SINAPI	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0420	R\$ 15,16	R\$ 0,63
Composição Auxiliar	88316	SINAPI	SERVEnte COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0042	R\$ 11,28	R\$ 0,04

LS => 0,00 MO com LS => R\$ 0,81
Valor com BDI => R\$ 7,85

Quant. => 10,53 Preço Total => R\$ 82,66

1.6	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Total
Composição	93188	SINAPI	VERGA MOLDADA IN LOCO EM CONCRETO PARA PORTAS COM ATÉ 1,5 M DE VÃO. AF_03/2016	M	1,000	R\$ 38,87	R\$ 38,87
Composição Auxiliar	92270	SINAPI	FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA VIGAS, COM MADEIRA SERRADA, E = 25 MM. AF_12/2015	m²	0,300	R\$ 57,58	R\$ 17,27
Composição Auxiliar	92791	SINAPI	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-60, DIÂMETRO DE 5,0 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES. AF_12/2015	KG	0,308	R\$ 5,88	R\$ 1,81
Composição Auxiliar	94970	SINAPI	CONCRETO FCK = 20MPA, TRAÇO 1:2,7:3 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF_07/2016	m³	0,012	R\$ 269,25	R\$ 3,23
Composição Auxiliar	88309	SINAPI	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,386	R\$ 15,16	R\$ 5,85
Composição Auxiliar	88316	SINAPI	SERVEnte COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,193	R\$ 11,28	R\$ 2,17
Insumo	00002692	SINAPI	DESMOLDANTE PROTETOR PARA FORMAS DE MADEIRA, DE BASE OLEOSA EMULSIONADA EM AGUA	L	0,005	R\$ 6,85	R\$ 0,03
Insumo	00039017	SINAPI	ESPACADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLASTICO, PARA VERGALHAO *4,2 A 12,5* MM, COBRIMENTO 20 MM	UN	6,000	R\$ 0,14	R\$ 0,84
Insumo	00004491	SINAPI	PONTALETE DE MADEIRA NAO APARELHADA *7,5 X 7,5* CM (3 X 3 ") PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIAO	M	1,222	R\$ 6,28	R\$ 7,67

LS => 0,00 MO com LS => R\$ 9,85
Valor com BDI => R\$ 38,87

Quant. => 5,9 Preço Total => R\$ 229,33

	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Total
Insumo	00037394	SINAPI	FINCAPINO CURTO CALIBRE 22 VERMELHO, CARGA MEDIA (AÇAO DIRETA)	CENTO	1,0	R\$ 26,64	R\$ 26,64

LS => 0,00 MO com LS => R\$ 0,00
Valor com BDI => R\$ 26,64

Quant. => 1,0 Preço Total => R\$ 26,64

2			REVESTIMENTO				R\$ 15.095,50
2.1	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Total
Composição	87904	SINAPI	CHAPISCO APLICADO EM ALVENARIA (COM PRESENÇA DE VÃOS) E ESTRUTURAS DE CONCRETO DE FACHADA, COM COLHER DE PEDREIRO. ARGAMASSA TRAÇO 1:3 COM PREPARO MANUAL. AF_06/2014	m²	1,0000	R\$ 5,39	R\$ 5,39
Composição Auxiliar	87377	SINAPI	ARGAMASSA TRAÇO 1:3 (CIMENTO E AREIA GROSSA) PARA CHAPISCO CONVENCIONAL, PREPARO MANUAL. AF_06/2014	m³	0,0042	R\$ 381,26	R\$ 1,60
Composição Auxiliar	88309	SINAPI	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1830	R\$ 15,16	R\$ 2,77
Composição Auxiliar	88316	SINAPI	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0910	R\$ 11,28	R\$ 1,02

LS => 0,00 MO com LS => R\$ 3,64

Valor com BDI => R\$ 5,39

Quant. => 299,7 Preço Total => R\$ 1.615,38

2.2	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Total
Composição	87536	SINAPI	EMBOÇO, PARA RECEBIMENTO DE CERÂMICA, EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MANUAL, APLICADO MANUALMENTE EM FACES INTERNAS DE PAREDES, PARA AMBIENTE COM ÁREA MAIOR QUE 10M2, ESPESSURA DE 20MM, COM EXECUÇÃO DE TALISCAS. AF_06/2014	m²	1,0000	R\$ 20,62	R\$ 20,62
Composição Auxiliar	87369	SINAPI	ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA) PARA EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MANUAL. AF_06/2014	m³	0,0376	R\$ 384,26	R\$ 14,44
Composição Auxiliar	88309	SINAPI	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,3200	R\$ 15,16	R\$ 4,85
Composição Auxiliar	88316	SINAPI	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1180	R\$ 11,28	R\$ 1,33

LS => 0,00 MO com LS => R\$ 9,19

Valor com BDI => R\$ 20,62

Quant. => 299,7 Preço Total => R\$ 6.179,81

2.3	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Total
Composição	87530	SINAPI	MASSA ÚNICA, PARA RECEBIMENTO DE PINTURA, EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MANUAL, APLICADA MANUALMENTE EM FACES INTERNAS DE PAREDES, ESPESSURA DE 20MM, COM EXECUÇÃO DE TALISCAS. AF_06/2014	m²	1,0000	R\$ 23,48	R\$ 23,48
Composição Auxiliar	87369	SINAPI	ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA) PARA EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MANUAL. AF_06/2014	m³	0,0376	R\$ 384,26	R\$ 14,44
Composição Auxiliar	88309	SINAPI	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,4700	R\$ 15,16	R\$ 7,12
Composição Auxiliar	88316	SINAPI	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1710	R\$ 11,28	R\$ 1,92

LS => 0,00 MO com LS => R\$ 11,65

Valor com BDI => R\$ 23,48

Quant. => 257,085 Preço Total => R\$ 6.036,35

2.4	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Total
Composição	90407	SINAPI	MASSA ÚNICA, PARA RECEBIMENTO DE PINTURA, EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MANUAL, APLICADA MANUALMENTE EM TETO, ESPESSURA DE 20MM, COM EXECUÇÃO DE TALISCAS. AF_03/2015	m²	1,0000	R\$ 29,66	R\$ 29,66
Composição Auxiliar	87369	SINAPI	ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA) PARA EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MANUAL. AF_06/2014	m³	0,0376	R\$ 384,26	R\$ 14,44
Composição Auxiliar	88309	SINAPI	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,7900	R\$ 15,16	R\$ 11,97
Composição Auxiliar	88316	SINAPI	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,2890	R\$ 11,28	R\$ 3,25

LS => 0,00 MO com LS => R\$ 16,93

Valor com BDI => R\$ 29,66

Quant. => 42,615 Preço Total => R\$ 1.263,96

3		SUPERESTRUTURA					R\$ 19.780,07
3.1	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Total
Composição	92263	SINAPI	FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA PILARES E ESTRUTURAS SIMILARES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, E = 17 MM. AF_12/2015	m²	1,000	R\$ 107,35	R\$ 107,35
Composição Auxiliar	91692	SINAPI	SERRA CIRCULAR DE BANCADA COM MOTOR ELÉTRICO POTÊNCIA DE 5HP, COM COIFA PARA DISCO 10" - CHP DIURNO. AF_08/2015	CHP	0,062	R\$ 17,74	R\$ 1,09
Composição Auxiliar	91693	SINAPI	SERRA CIRCULAR DE BANCADA COM MOTOR ELÉTRICO POTÊNCIA DE 5HP, COM COIFA PARA DISCO 10" - CHI DIURNO. AF_08/2015	CHI	0,214	R\$ 14,88	R\$ 3,18
Composição Auxiliar	88239	SINAPI	AJUDANTE DE CARPINTEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,276	R\$ 12,14	R\$ 3,35
Composição Auxiliar	88262	SINAPI	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	1,380	R\$ 14,83	R\$ 20,46
Insumo	00001358	SINAPI	CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA PARA FORMA DE CONCRETO, DE *2,2 X 1,1* M, E = 17 MM	m²	1,335	R\$ 32,60	R\$ 43,52
Insumo	00004491	SINAPI	PONTALETE DE MADEIRA NAO APARELHADA *7,5 X 7,5* CM (3 X 3 ") PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIAO	M	2,307	R\$ 6,28	R\$ 14,48
Insumo	00005068	SINAPI	PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA 17 X 21 (2 X 11)	KG	0,215	R\$ 12,20	R\$ 2,62
Insumo	00004517	SINAPI	SARRAFO DE MADEIRA NAO APARELHADA *2,5 X 7,5* CM (1 X 3 ") PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIAO	M	8,291	R\$ 2,25	R\$ 18,65

LS => 0,00 MO com LS => R\$ 24,00

Valor com BDI => R\$ 107,35

Quant. => 26,82 Preço Total => R\$ 2.879,12

3.2	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Total
Composição	92414	SINAPI	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES COM ÁREA MÉDIA DAS SEÇÕES MENOR OU IGUAL A 0,25 M², PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 2 UTILIZAÇÕES. AF_12/2015	m²	1,000	R\$ 84,73	R\$ 84,73
Composição Auxiliar	92263	SINAPI	FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA PILARES E ESTRUTURAS SIMILARES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, E = 17 MM. AF_12/2015	m²	0,525	R\$ 107,35	R\$ 56,35
Composição Auxiliar	88239	SINAPI	AJUDANTE DE CARPINTEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,271	R\$ 12,14	R\$ 3,28
Composição Auxiliar	88262	SINAPI	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	1,478	R\$ 14,83	R\$ 21,91
Insumo	00002692	SINAPI	DESMOLDANTE PROTETOR PARA FORMAS DE MADEIRA, DE BASE OLEOSA EMULSIONADA EM AGUA	L	0,010	R\$ 6,85	R\$ 0,06
Insumo	00040271	SINAPI	LOCACAO DE APRUMADOR METALICO DE PILAR, COM ALTURA E ANGULO REGULAVEIS, EXTENSAO DE *1,50* A *2,80* M	MES	0,196	R\$ 2,60	R\$ 0,50
Insumo	00040287	SINAPI	LOCACAO DE BARRA DE ANCORAGEM DE 0,80 A 1,20 M DE EXTENSAO, COM ROSCA DE 5/8", INCLUINDO PORCA E FLANGE	MES	0,785	R\$ 1,00	R\$ 0,78
Insumo	00040275	SINAPI	LOCACAO DE VIGA SANDUICHE METALICA VAZADA PARA TRAVAMENTO DE PILARES, ALTURA DE *8* CM, LARGURA DE *6* CM E EXTENSAO DE 2 M	MES	0,393	R\$ 4,00	R\$ 1,57
Insumo	00040304	SINAPI	PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA DUPLA 17 X 27 (2 1/2 X 11)	KG	0,019	R\$ 15,06	R\$ 0,28

LS => 0,00 MO com LS => R\$ 34,17

Valor com BDI => R\$ 84,73

Quant. => 26,82 Preço Total => R\$ 2.272,45

3.3	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Total
Composição	92777	SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	1,0000	R\$ 8,58	R\$ 8,58
Composição Auxiliar	92793	SINAPI	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 8,0 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES. AF_12/2015	KG	1,0000	R\$ 6,03	R\$ 6,03
Composição Auxiliar	88238	SINAPI	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0209	R\$ 11,12	R\$ 0,23
Composição Auxiliar	88245	SINAPI	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1278	R\$ 15,05	R\$ 1,92
Insumo	00000337	SINAPI	ARAME RECOZIDO 18 BWG, 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,0250	R\$ 12,00	R\$ 0,30
Insumo	00039017	SINAPI	ESPACADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLASTICO, PARA VERGALHAO *4,2 A 12,5* MM, COBRIMENTO 20 MM	UN	0,7430	R\$ 0,14	R\$ 0,10

LS => 0,00 MO com LS => R\$ 2,14

Valor com BDI => R\$ 8,58

Quant. => 49,77 Preço Total => R\$ 427,02

3.4	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Total
Composição	92775	SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	1,0000	R\$ 10,11	R\$ 10,11
Composição Auxiliar	92791	SINAPI	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-60, DIÂMETRO DE 5,0 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES. AF_12/2015	KG	1,0000	R\$ 5,88	R\$ 5,88
Composição Auxiliar	88238	SINAPI	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0367	R\$ 11,12	R\$ 0,40
Composição Auxiliar	88245	SINAPI	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,2245	R\$ 15,05	R\$ 3,37
Insumo	00000337	SINAPI	ARAME RECOZIDO 18 BWG, 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,0250	R\$ 12,00	R\$ 0,30
Insumo	00039017	SINAPI	ESPACADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLASTICO, PARA VERGALHAO *4,2 A 12,5* MM, COBRIMENTO 20 MM	UN	1,1900	R\$ 0,14	R\$ 0,16

LS => 0,00 MO com LS => R\$ 4,32

Valor com BDI => R\$ 10,11

Quant. => 10,395 Preço Total => R\$ 105,09

3.5	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Total
Composição	92718	SINAPI	CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA, COM USO DE BALDES EM EDIFICAÇÃO COM SEÇÃO MÉDIA DE PILARES MENOR OU IGUAL A 0,25 M² - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_12/2015	m³	1,000	R\$ 454,09	R\$ 454,09
Composição Auxiliar	90586	SINAPI	VIBRADOR DE IMERSÃO, DIÂMETRO DE PONTEIRA 45MM, MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO POTÊNCIA DE 2 CV - CHP DIURNO. AF_06/2015	CHP	0,672	R\$ 1,59	R\$ 1,06
Composição Auxiliar	90587	SINAPI	VIBRADOR DE IMERSÃO, DIÂMETRO DE PONTEIRA 45MM, MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO POTÊNCIA DE 2 CV - CHI DIURNO. AF_06/2015	CHI	1,174	R\$ 0,29	R\$ 0,34
Composição Auxiliar	88262	SINAPI	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	1,846	R\$ 14,83	R\$ 27,37
Composição Auxiliar	88309	SINAPI	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	1,846	R\$ 15,16	R\$ 27,98
Composição Auxiliar	88316	SINAPI	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	5,538	R\$ 11,28	R\$ 62,46
Insumo	00034493	SINAPI	CONCRETO USINADO BOMBEAVEL, CLASSE DE RESISTENCIA C25, COM BRITA 0 E 1, SLUMP = 100 +/- 20 MM, EXCLUI SERVICO DE BOMBEAMENTO (NBR 8953)	m³	1,103	R\$ 303,61	R\$ 334,88

LS => 0,00 MO com LS => R\$ 98,71

Valor com BDI => R\$ 454,09

Quant. => 0,97 Preço Total => R\$ 440,46

3.6	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Total
Composição	92267	SINAPI	FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA LAJES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, E = 17 MM. AF_12/2015	m²	1,000	R\$ 34,80	R\$ 34,80
Composição Auxiliar	91692	SINAPI	SERRA CIRCULAR DE BANCADA COM MOTOR ELÉTRICO POTÊNCIA DE 5HP, COM COIFA PARA DISCO 10" - CHP DIURNO. AF_08/2015	CHP	0,005	R\$ 17,74	R\$ 0,08
Composição Auxiliar	91693	SINAPI	SERRA CIRCULAR DE BANCADA COM MOTOR ELÉTRICO POTÊNCIA DE 5HP, COM COIFA PARA DISCO 10" - CHI DIURNO. AF_08/2015	CHI	0,001	R\$ 14,88	R\$ 0,01
Composição Auxiliar	88239	SINAPI	AJUDANTE DE CARPINTEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,006	R\$ 12,14	R\$ 0,07
Composição Auxiliar	88262	SINAPI	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,028	R\$ 14,83	R\$ 0,41
Insumo	00001358	SINAPI	CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA PARA FORMA DE CONCRETO, DE *2,2 X 1,1* M, E = 17 MM	m²	1,050	R\$ 32,60	R\$ 34,23

LS => 0,00 MO com LS => R\$ 0,48

Valor com BDI => R\$ 34,80

Quant. => 50,73 Preço Total => R\$ 1.765,40

3.7	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Total
Composição	92510	SINAPI	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE LAJE MACIÇA COM ÁREA MÉDIA MAIOR QUE 20 M², PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 2 UTILIZAÇÕES. AF_12/2015	m²	1,000	R\$ 33,24	R\$ 33,24
Composição Auxiliar	92267	SINAPI	FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA LAJES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, E = 17 MM. AF_12/2015	m²	0,577	R\$ 34,80	R\$ 20,07
Composição Auxiliar	88239	SINAPI	AJUDANTE DE CARPINTEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,126	R\$ 12,14	R\$ 1,52
Composição Auxiliar	88262	SINAPI	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,687	R\$ 14,83	R\$ 10,18
Insumo	00002692	SINAPI	DESMOLDANTE PROTETOR PARA FORMAS DE MADEIRA, DE BASE OLEOSA EMULSIONADA EM AGUA	L	0,010	R\$ 6,85	R\$ 0,06
Insumo	00010749	SINAPI	LOCAÇÃO DE ESCORA METÁLICA TELESCÓPICA, COM ALTURA REGULÁVEL DE *1,80* A *3,20* M, COM CAPACIDADE DE CARGA DE NO MÍNIMO 1000 KGF (10 KN), INCLUSIVE TRIPE E FORCADO	MES	0,278	R\$ 1,83	R\$ 0,50
Insumo	00040270	SINAPI	VIGA DE ESCORAMENTO H20, DE MADEIRA, PESO DE 5,00 A 5,20 KG/M, COM EXTREMIDADES PLÁSTICAS	M	0,021	R\$ 43,50	R\$ 0,91

LS => 0,00 MO com LS => R\$ 10,29

Valor com BDI => R\$ 33,24

Quant. => 50,73 Preço Total => R\$ 1.686,26

3.8	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Total
Composição	92786	SINAPI	ARMAÇÃO DE LAJE DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	1.0000	R\$ 7,77	R\$ 7,77
Composição Auxiliar	92802	SINAPI	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 8,0 MM, UTILIZADO EM LAJE. AF_12/2015	KG	1,0000	R\$ 5,93	R\$ 5,93
Composição Auxiliar	88238	SINAPI	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0140	R\$ 11,12	R\$ 0,15
Composição Auxiliar	88245	SINAPI	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0859	R\$ 15,05	R\$ 1,29
Insumo	00000337	SINAPI	ARAME RECOZIDO 18 BWG, 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,0250	R\$ 12,00	R\$ 0,30
Insumo	00039017	SINAPI	ESPAÇADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLÁSTICO, PARA VERGALHAO *4,2 A 12,5* MM, COBRIMENTO 20 MM	UN	0,7280	R\$ 0,14	R\$ 0,10

LS => 0,00 MO com LS => R\$ 1,46

Valor com BDI => R\$ 7,77

Quant. => 1.074,36 Preço Total => R\$ 8.347,77

3.9	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Total
Composição	92726	SINAPI	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=20 MPA, PARA LAJES MACIÇAS OU NERVURADAS COM USO DE BOMBA EM EDIFICAÇÃO COM ÁREA MÉDIA DE LAJES MAIOR QUE 20 M² - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF 12/2015	m³	1,000	R\$ 390,74	R\$ 390,74
Composição Auxiliar	90586	SINAPI	VIBRADOR DE IMERSÃO, DIÂMETRO DE PONTEIRA 45MM, MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO POTÊNCIA DE 2 CV - CHP DIURNO. AF 06/2015	CHP	0,044	R\$ 1,59	R\$ 0,06
Composição Auxiliar	90587	SINAPI	VIBRADOR DE IMERSÃO, DIÂMETRO DE PONTEIRA 45MM, MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO POTÊNCIA DE 2 CV - CHI DIURNO. AF 06/2015	CHI	0,127	R\$ 0,29	R\$ 0,03
Composição Auxiliar	88262	SINAPI	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,085	R\$ 14,83	R\$ 1,26
Composição Auxiliar	88309	SINAPI	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,512	R\$ 15,16	R\$ 7,76
Composição Auxiliar	88316	SINAPI	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,586	R\$ 11,28	R\$ 6,61
Insumo	00001524	SINAPI	CONCRETO USINADO BOMBEAVEL, CLASSE DE RESISTENCIA C20, COM BRITA 0 E 1, SLUMP = 100 +/- 20 MM, INCLUI SERVICO DE BOMBEAMENTO (NBR 8953)	m³	1,103	R\$ 340,00	R\$ 375,02

LS => 0,00 MO com LS => R\$ 13,17

Valor com BDI => R\$ 390,74

Quant. => 4,75125 Preço Total => R\$ 1.856,50

R\$ 44.543,18

Fonte: Autor (2019)

Quadro 2A – Planilha Orçamentária Analítica para paredes duplas de concreto pré-fabricadas

1			PAREDES E PAINÉIS				R\$ 47.443,40
1.1	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Total
Composição	89996	SINAPI	ARMAÇÃO VERTICAL DE ALVENARIA ESTRUTURAL; DIÂMETRO DE 10,0 MM. AF_01/2015	KG	1,0000	R\$ 5,79	R\$ 5,79
Composição Auxiliar	88309	SINAPI	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0627	R\$ 15,16	R\$ 0,95
Composição Auxiliar	88316	SINAPI	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0443	R\$ 11,28	R\$ 0,49
Insumo	00000034	SINAPI	ACO CA-50, 10,0 MM, VERGALHAO	KG	1,0000	R\$ 4,35	R\$ 4,35

LS => 0,00 MO com LS => R\$ 1,22
 Valor com BDI => R\$ 5,79
Quant. => 155,95 Preço Total => R\$ 902,95

1.2	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Total
Insumo	10077	Próprio	FORNECIMENTO PAREDES DUPLAS DE CONCRETO PRÉ-FABRICADA	m²	1,0	R\$ 255,82	R\$ 255,82

LS => 0,00 MO com LS => R\$ 0,00
 Valor com BDI => R\$ 255,82
Quant. => 151,98 Preço Total => R\$ 38.879,52

1.3	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Total
Composição	C.0610	Próprio	MONTAGEM PAREDES DUPLAS EM CAMPO	m²	1,00000	R\$ 21,10	R\$ 21,10
Composição Auxiliar	73480	SINAPI	CUSTO HORARIO PRODUTIVO - GUINDASTE MUNK 640/18 - 8T S/CAMINHAO MERCE-DES BENZ 1418/51 - 184 HP	H	0,02400	R\$ 146,64	R\$ 3,51
Composição Auxiliar	91602	SINAPI	ARMAÇÃO DO SISTEMA DE PAREDES DE CONCRETO, EXECUTADA COMO REFORÇO, VERGALHÃO DE 8,0 MM DE DIÂMETRO. AF_06/2015	KG	0,54986	R\$ 7,18	R\$ 3,94
Composição Auxiliar	88309	SINAPI	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,02400	R\$ 15,16	R\$ 0,36
Composição Auxiliar	88316	SINAPI	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,02400	R\$ 11,28	R\$ 0,27
Insumo	00039709	SINAPI	TUBO DE ESPUMA DE POLIETILENO EXPANDIDO FLEXIVEL PARA ISOLAMENTO TERMICO DE TUBULACAO DE AR CONDICIONADO, AGUA QUENTE, DN 1 3/8", E= 10 MM	M	0,67000	R\$ 2,46	R\$ 1,64
Insumo	00000142	SINAPI	SELANTE ELASTICO MONOCOMPONENTE A BASE DE POLIURETANO PARA JUNTAS DIVERSAS	310ML	0,28950	R\$ 34,82	R\$ 10,08
Insumo	00040271	SINAPI	LOCACAO DE APRUMADOR METALICO DE PILAR, COM ALTURA E ANGULO REGULAVEIS, EXTENSAO DE *1,50* A *2,80* M	MES	0,50000	R\$ 2,60	R\$ 1,30

LS => 0,00 MO com LS => R\$ 1,51
 Valor com BDI => R\$ 21,10
Quant. => 151,98 Preço Total => R\$ 3.206,77

1.4	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Total
Composição	89993	SINAPI	GRAUTEAMENTO VERTICAL EM PAREDE DUPLA. AF_01/2015	m³	1,0000	R\$ 556,77	R\$ 556,77
Composição Auxiliar	90279	SINAPI	GRAUTE FGK=20 MPA; TRAÇO 1:0,04:1,6:1,9 (CIMENTO/ CAL/ AREIA GROSSA/ BRITA 0) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_02/2015	m³	1,2030	R\$ 307,04	R\$ 369,36
Composição Auxiliar	88309	SINAPI	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	8,0998	R\$ 15,16	R\$ 122,79
Composição Auxiliar	88316	SINAPI	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	5,7292	R\$ 11,28	R\$ 64,62

LS => 0,00 MO com LS => R\$ 202,95
 Valor com BDI => R\$ 556,77
Quant. => 8,0 Preço Total => R\$ 4.454,16

2			REVESTIMENTO				R\$ 0,00
3			SUPERESTRUTURA				R\$ 9.793,68
3.1	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Total
Insumo	10083	Próprio	FORNECIMENTO LAJE MACIÇA DE CONCRETO PRÉ-FABRICADA	m²	1,0	R\$ 183,13	R\$ 183,13

LS => 0,00 MO com LS => R\$ 0,00
 Valor com BDI => R\$ 183,13
Quant. => 50,73 Preço Total => R\$ 9.290,18

3.2	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Total
Composição	C.0615	Próprio	MONTAGEM LAJE MACIÇA EM CAMPO	m ²	1,000000	R\$ 7,84	R\$ 7,84
Composição Auxiliar	73480	SINAPI	CUSTO HORARIO PRODUTIVO - GUINDASTE MUNK 640/18 - 8T S/CAMINHAO MERCE-DES BENZ 1418/51 - 184 HP	H	0,039424	R\$ 146,64	R\$ 5,78
Composição Auxiliar	88309	SINAPI	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,039424	R\$ 15,16	R\$ 0,59
Composição Auxiliar	88316	SINAPI	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,039424	R\$ 11,28	R\$ 0,44
Insumo	00039709	SINAPI	TUBO DE ESPUMA DE POLIETILENO EXPANDIDO FLEXIVEL PARA ISOLAMENTO TERMICO DE TUBULACAO DE AR CONDICIONADO, AGUA QUENTE, DN 1 3/8", E= 10 MM	M	0,422000	R\$ 2,46	R\$ 1,03

LS => 0,00 MO com LS => R\$ 1,43

Valor com BDI => R\$ 7,84

Quant. => 50,73 Preço Total => R\$ 397,72

3.3	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Total
Composição	89993	SINAPI	GRAUTEAMENTO VERTICAL EM ALVENARIA ESTRUTURAL. AF_01/2015	m ³	1,0000	R\$ 556,77	R\$ 556,77
Composição Auxiliar	90279	SINAPI	GRAUTE FGK=20 MPA; TRAÇO 1:0,04:1,6:1,9 (CIMENTO/ CAL/ AREIA GROSSA/ BRITA 0) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_02/2015	m ³	1,2030	R\$ 307,04	R\$ 369,36
Composição Auxiliar	88309	SINAPI	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	8,0998	R\$ 15,16	R\$ 122,79
Composição Auxiliar	88316	SINAPI	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	5,7292	R\$ 11,28	R\$ 64,62

LS => 0,00 MO com LS => R\$ 202,95

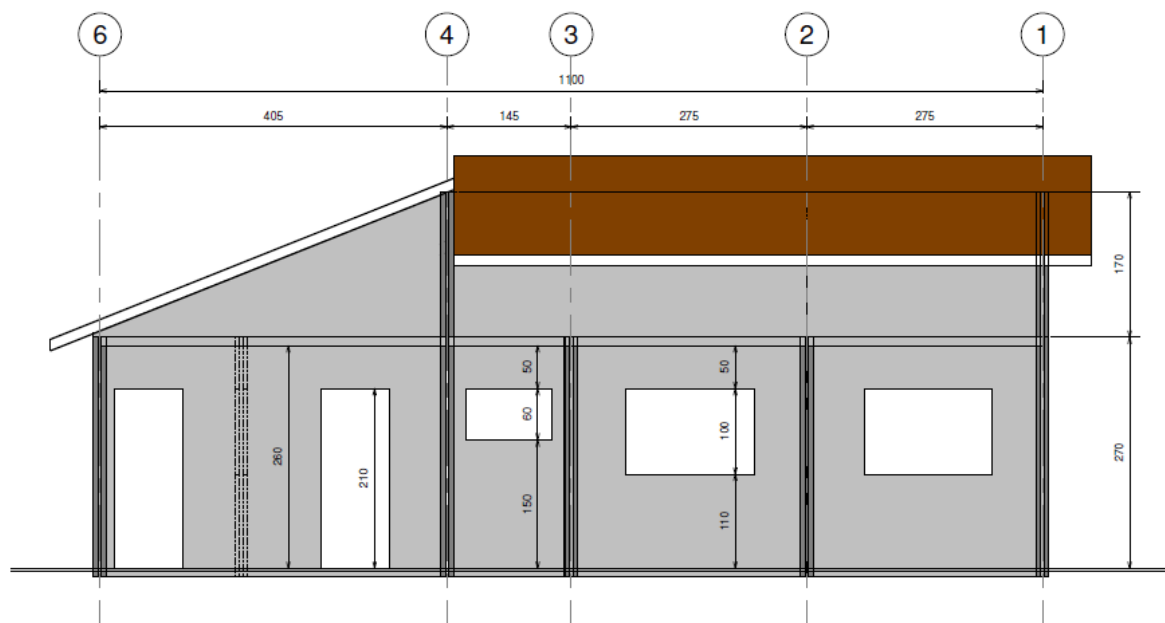
Valor com BDI => R\$ 556,77

Quant. => 0,19 Preço Total => R\$ 105,78

R\$ 57.237,08

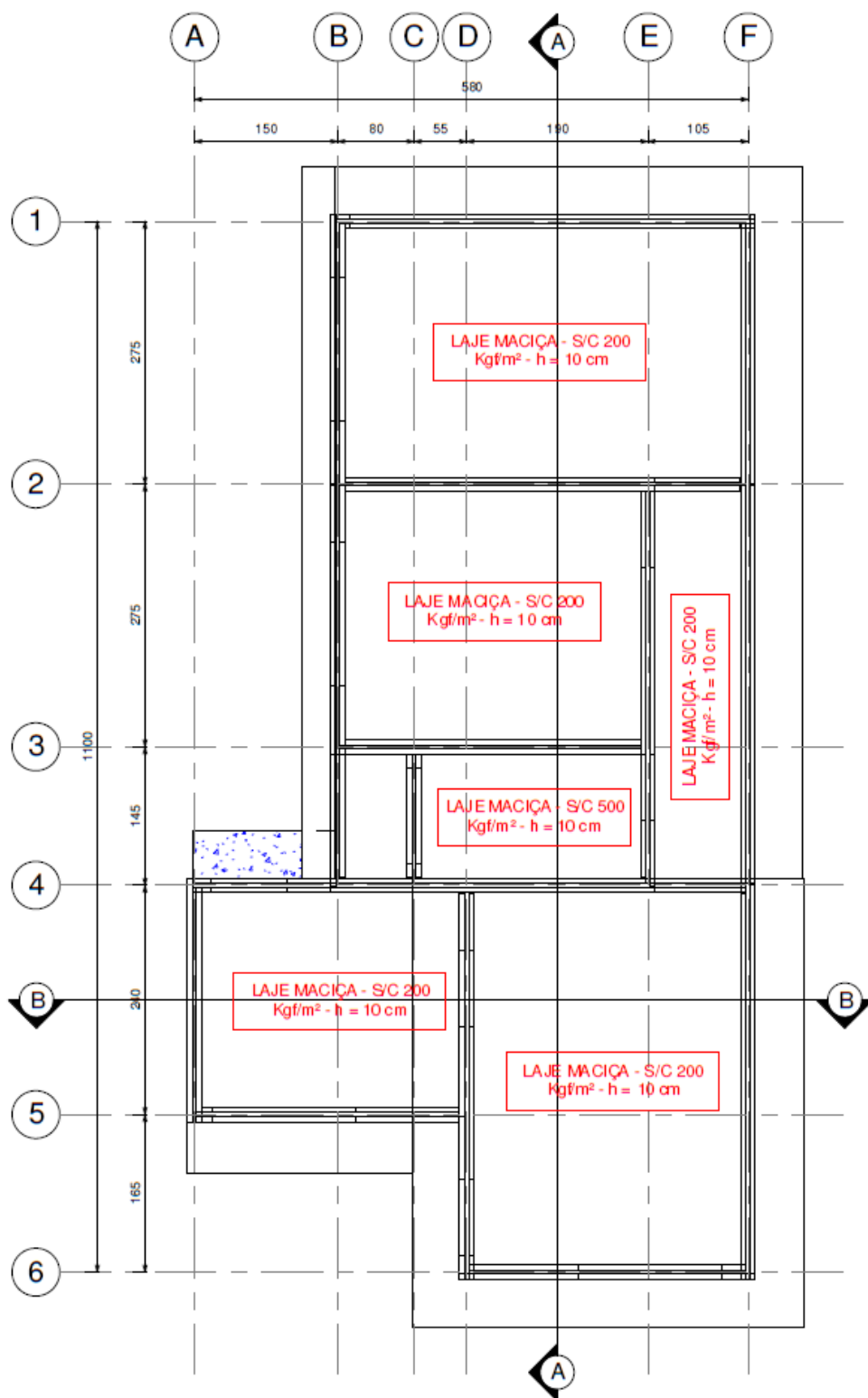
Fonte: Autor (2019)

Figura 1A – Corte AA do projeto em parede dupla de concreto pré-fabricada



Fonte: SUDESTE (2019)

Figura 2A – Planta estrutural de lajes maciças pré-moldadas do projeto em paredes duplas de concreto pré-fabricadas



Fonte: SUDESTE (2019)

Figura 3A – Modelagem da estrutura do projeto em alvenaria convencional



Fonte: Autor (2019)