



**UNISUL**

**UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA**

**MATEUS JUNCKES SCHMITT**

**ESTUDO DE CASO: ANÁLISE TÉCNICO-FINANCEIRA DE EDIFICAÇÕES COM  
PAREDES EM CONCRETO ARMADO MOLDADAS *IN LOCO*.**

Palhoça

2019

**MATEUS JUNCKES SCHMITT**

**ESTUDO DE CASO: ANÁLISE TÉCNICO-FINANCEIRA DE EDIFICAÇÕES COM  
PAREDES EM CONCRETO ARMADO MOLDADAS *IN LOCO*.**

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

Orientador: Prof. Eng. Civil Marcelo Cechinel, Esp.

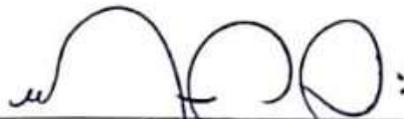
Palhoça  
2019

**MATEUS JUNCKES SCHMITT**

**ESTUDO DE CASO: ANÁLISE TÉCNICO-FINANCEIRA DE EDIFICAÇÕES COM  
PAREDES EM CONCRETO ARMADO MOLDADAS *IN LOCO*.**

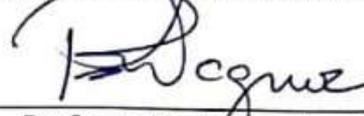
Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheira Civil e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Palhoça, 07 de junho de 2019.



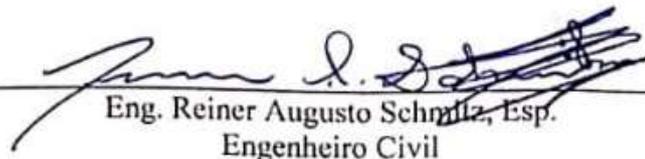
---

Professor e orientador Prof. Eng. Civil Marcelo Cechinel, Esp.  
Universidade do Sul de Santa Catarina



---

Professor Paulo Henrique Wagner  
Universidade do Sul de Santa Catarina



---

Eng. Reiner Augusto Schmitz, Esp.  
Engenheiro Civil

Dedico este trabalho às pessoas queridas que sempre estiveram ao meu lado, pela confiança no meu potencial, pelo essencial incentivo e que foram importantes na busca do título de Engenheira Civil.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por ter conduzido e iluminado meu caminho durante a vida acadêmica, e a meus anjos que lá de cima sempre manterão seus olhos em mim.

Aos meus pais, Nilton e Gilce, que me deram suporte financeiro e psicológico durante essa caminhada, me tornando hoje uma pessoa muito melhor e que, com muito carinho, me incentivaram e aconselharam em todos os momentos importantes da minha vida, vibrando comigo em todas as conquistas.

A minha namorada Amanda, que além de companheira é minha melhor amiga, vibrando sempre por todas as vitórias e conquistas, pela compreensão nos momentos difíceis, pelo carinho, respeito e principalmente pelos estímulos em sempre seguir em frente.

A todos os meus amigos que de alguma forma me apoiaram e ajudaram durante a caminhada, tornando as noites mais agradáveis em menos cansativas.

A todos os professores da Unisul, por transmitirem todo o conhecimento onde em momento algum mediram esforços para tirarem todas as minhas dúvidas, e em especial ao professor Marcelo Cechinel, por me acompanhar no desenvolvimento deste trabalho, esclarecendo todas as minhas dúvidas, sempre com muita paciência e competência.

Mateus Junckes Schmitt

## RESUMO

Com o aumento da produtividade na construção civil, mesmo sendo um mercado conservador, a busca por novas tecnologias vem aumentando cada vez mais. O avanço significativo da tecnologia no mercado vem sendo uma opção cada vez mais válida para diminuir os custos, aumentar a produtividade e também o lucro das empresas. O trabalho que segue analisou uma vertente deste avanço mercadológico: o emprego da parede de concreto como solução para edificações de pequeno a médio porte. Tal tecnologia se mostra viável se tratarmos de fabricação em maior escala, visto seu alto custo de formas. Neste estudo, fez-se uma comparação entre o supracitado método construtivo e a construção convencional “in loco”. Para tanto, empregou-se o software Eberick da empresa AltoQi para dimensionamento da estrutura convencional em concreto armado ao passo que, com base nas normativas pertinentes, elaborou-se uma planilha de cálculo através do software Excel, da empresa Microsoft para o dimensionamento das paredes de concreto armado moldado *in loco*, para posteriormente serem levantados os custos das mesmas. Como poderá ser visto no desenvolvimento desta pesquisa a tecnologia em questão realmente se configura em alternativa válida para empresas e/ou empreendedores que pretendem uma construção em maior escala.

Palavras-chave: Construção Civil. Tecnologia. Parede de Concreto.

## **ABSTRACT**

With the increase in productivity in civil construction, even though it is a conservative market, the search for new technologies is increasing. The significant advance of technology in the market has been an increasingly valid option to reduce costs, increase productivity and also profit of companies. The work that follows analyzes one aspect of this market advance: the use of the concrete wall as a solution for small to medium sized buildings. Such technology proves viable if we are manufacturing on a larger scale, given its high cost of forms. In this study, a comparison was made between the aforementioned constructive method and the conventional construction "in loco". For this, the software Eberick of the company AltoQi was used for designing the conventional structure in reinforced concrete, whereas, based on the pertinent regulations, a spreadsheet was elaborated through the software Excel, of the company Microsoft for the dimensioning of the walls molded reinforced concrete in loco, to later be lifted the costs of the same. As will be seen in the development of this research, the technology in question is really a valid alternative for companies and / or entrepreneurs who intend a larger scale construction.

Keywords: Civil Construction. Technology. Concrete wall.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Slump test .....	21
Figura 2 - Laje Maciça de Concreto Armado. ....	22
Figura 3 - Aço Para Concreto Armado. ....	23
Figura 4 - Marcação da Primeira Fiada .....	25
Figura 5 - Elevação da alvenaria de blocos cerâmicos .....	26
Figura 6 - Fôrmas Metálicas .....	31
Figura 7 - Conjunto de formas metálicas com compensados .....	31
Figura 8 - Conjunto de formas de plástico .....	32
Figura 9 - Marcação das Paredes .....	34
Figura 10 - Detalhe das bordas – Fundação radier .....	34
Figura 11 - Montagem das Armaduras e Eletrodutos.....	35
Figura 12 - Montagem das Formas Metálicas .....	37
Figura 13 - Detalhamento do travamento das formas.....	38
Figura 14 - Aplicação do desmoldante nas fôrmas.....	39
Figura 15 - Concretagem das paredes .....	39
Figura 16 - Limpeza das Formas .....	41
Figura 17 - Acabamento das Paredes .....	42
Figura 18 - Funcionamento da ventilação da edificação .....	44
Figura 19 - Esquema de desempenho Acústico.....	44
Figura 20 - Planta Baixa Projeto Modelo. ....	45
Figura 21 - Cargas concentradas ou parcialmente distribuídas .....	48
Figura 22 - Ferragem parede P1 e P2 .....	55
Figura 23 - Ferragem parede P3, P4 e P5 .....	56
Figura 24 - Ferragem parede P6 .....	56
Figura 25 - Ferragem parede P7 .....	57
Figura 26 - Ferragem parede P8 e P9 .....	57
Figura 27 - Ferragem parede P10 e P11 .....	58
Figura 28 - Ferragem parede P12 .....	58
Figura 29 - Ferragem parede P13 .....	59
Figura 30 - Ferragem parede P14 .....	59
Figura 31 - Ferragem parede P15 e P16 .....	60
Figura 32 - Ferragem parede P17 e P18 .....	60
Figura 33 - Ferragem parede P19 .....	61

Figura 34 - Ferragem parede P20 .....	61
Figura 35 - Ferragem parede P21 .....	62
Figura 36 - Ferragem parede P22 .....	62
Figura 37 - Detalhe em corte da armadura .....	63
Figura 38 - Exemplo da distribuição da armadura de reforço .....	65
Figura 39 - Forma do baldrame .....	66
Figura 40 - Forma do teto do térreo.....	67

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Custo do concreto .....	77
Gráfico 2 - Custo do aço.....	77
Gráfico 3 - Custo das formas.....	78
Gráfico 4 - Custo de escoramento .....	79
Gráfico 5 - Custo mão de obra. ....	79
Gráfico 6 - Custo percentual.....	80
Gráfico 7 - Custo percentual.....	81
Gráfico 8 - Custo por material.....	82
Gráfico 9 - Custo total .....	83
Gráfico 10 - Comparativo de custo .....	84
Gráfico 11 - Comparativo de unidades do projeto modelo .....	84

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Telas de Aço CA-60.....	36
Tabela 2 - Telas de Aço CA-60.....	36
Tabela 3 - Classe de agressividade ambiental.....	47
Tabela 4 - Comprimento e carregamento das paredes.....	53
Tabela 5 - Resumo de Materiais / Ref. Eberick.....	68
Tabela 6 - Custo total do concreto / Ref. Polimix.....	70
Tabela 7 - Custo total do Aço / Ref. Gerdau.....	70
Tabela 8 - Custo total laje / Ref. Lajetrel.....	71
Tabela 9 - Custo total das formas / Ref. Irmãos Knies.....	71
Tabela 10 - Custo total escoramento / Ref. Irmãos Knies.....	72
Tabela 11 - Custo total fechamento em alvenaria.....	72
Tabela 12 - Custo total mão de obra.....	73
Tabela 13 - Custo total do concreto / Ref. Polimix.....	74
Tabela 14 - Custo total do Aço / Ref. Gerdau.....	74
Tabela 15 – Custo total das Formas Plásticas / Ref. Metro Modular.....	75
Tabela 16 - Custo total do Escoramento / Ref. Irmãos Knies.....	75
Tabela 17 - Custo total mão de obra.....	76
Tabela 18 - Resumo de materiais.....	76

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA .....	16
1.2 LIMITAÇÃO DO PROBLEMA.....	16
1.3 JUSTIFICATIVA .....	17
1.4 OBJETIVOS .....	18
<b>1.4.1 Objetivos Gerais .....</b>	<b>18</b>
<b>1.4.2 Objetivos Específicos.....</b>	<b>18</b>
1.5 METODOLOGIA .....	18
1.6 SEQUÊNCIAS DO TRABALHO .....	19
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA .....</b>	<b>20</b>
2.1 CONCRETO .....	20
2.2 CONCRETO ARMADO .....	22
<b>2.2.1 Aço .....</b>	<b>23</b>
2.3 PAREDES DE ALVENARIA EM BLOCO CERÂMICO .....	23
<b>2.3.1 Definição.....</b>	<b>23</b>
<b>2.3.2 Materiais .....</b>	<b>24</b>
<b>2.3.3 Processo executivo .....</b>	<b>24</b>
<b>2.3.4 Marcação.....</b>	<b>24</b>
<b>2.3.5 Assentamento.....</b>	<b>25</b>
<b>2.3.6 Encunhamento.....</b>	<b>26</b>
<b>2.3.7 Vantagens e Desvantagens.....</b>	<b>27</b>
2.4 PAREDE DE CONCRETO ARMADO MOLDADA <i>IN LOCO</i> .....	27
<b>2.4.1 Características de Projeto .....</b>	<b>29</b>
2.5 FORMAS .....	30
2.6 PROCESSO EXECUTIVO .....	32
<b>2.6.1 Fundação.....</b>	<b>32</b>
<b>2.6.2 Marcação da laje .....</b>	<b>33</b>
<b>2.6.3 Armação e modelagem da estrutura .....</b>	<b>35</b>
<b>2.6.4 Montagem das Formas.....</b>	<b>37</b>
<b>2.6.5 Concretagem.....</b>	<b>38</b>
<b>2.6.6 Desforma .....</b>	<b>40</b>
<b>2.6.7 Cura.....</b>	<b>41</b>
<b>2.6.8 Acabamentos.....</b>	<b>41</b>

2.7	DESEMPENHO.....	42
2.7.1	<b>Segurança contra Incêndio.....</b>	<b>42</b>
2.7.2	<b>Estanqueidade .....</b>	<b>43</b>
2.7.3	<b>Desempenho Térmico.....</b>	<b>43</b>
2.7.4	<b>Desempenho Acústico .....</b>	<b>44</b>
2.8	APRESENTAÇÃO DE PROJETO MODELO .....	44
<b>3</b>	<b>ANÁLISE ESTRUTURAL DO PROJETO MODELO.....</b>	<b>46</b>
3.1	CARGAS PROVENIENTE DAS LAJES .....	47
3.2	PESO PRÓPRIO DAS PAREDES .....	48
3.3	PAREDES ISOLADAS .....	49
3.4	GRUPOS ISOLADOS DE PAREDES .....	49
3.5	RESISTÊNCIAS.....	49
<b>3.5.1</b>	<b>Juntas de Dilatação .....</b>	<b>50</b>
<b>3.5.2</b>	<b>Seção do aço .....</b>	<b>50</b>
3.6	CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO .....	51
3.7	RESISTÊNCIA DE CÁLCULO DE COMPRESSÃO.....	51
3.8	DIMENSIONAMENTO PILAR PAREDE.....	52
3.9	DIMENSIONAMENTO DAS LAJES .....	52
<b>4</b>	<b>PROJETO ESTRUTURAL DO PROJETO MODELO.....</b>	<b>53</b>
4.1	DISTRIBUIÇÃO DE CARGAS VERTICAIS.....	53
4.2	DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA DAS PAREDES .....	55
4.3	DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA DA LAJE.....	63
4.4	ARMADURAS DE REFORÇO NAS ABERTURAS .....	64
4.5	LANÇAMENTO ESTRUTURAL MÉTODO CONVENCIONAL.....	65
<b>5</b>	<b>COMPARATIVO DE ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>69</b>
5.1	CUSTOS .....	69
5.2	QUANTITATIVOS PARA O MÉTODO CONVENCIONAL.....	69
<b>5.2.1</b>	<b>Concreto .....</b>	<b>69</b>
<b>5.2.2</b>	<b>Aço .....</b>	<b>70</b>
<b>5.2.3</b>	<b>Laje.....</b>	<b>71</b>
<b>5.2.4</b>	<b>Formas.....</b>	<b>71</b>
<b>5.2.5</b>	<b>Escoramento .....</b>	<b>72</b>
<b>5.2.6</b>	<b>Fechamento em Alvenaria .....</b>	<b>72</b>
<b>5.2.7</b>	<b>Mão de obra Especializada.....</b>	<b>73</b>

<b>5.3</b>	<b>QUANTITATIVOS PARA PAREDE DE CONCRETO</b> .....	<b>73</b>
<b>5.3.1</b>	<b>Concreto</b> .....	<b>73</b>
<b>5.3.2</b>	<b>Aço</b> .....	<b>74</b>
<b>5.3.3</b>	<b>Forma</b> .....	<b>74</b>
<b>5.3.4</b>	<b>Escoramento</b> .....	<b>75</b>
<b>5.3.5</b>	<b>Mão de obra Especializada</b> .....	<b>75</b>
<b>5.4</b>	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	<b>76</b>
<b>5.4.1</b>	<b>Consumo de Concreto</b> .....	<b>76</b>
<b>5.4.2</b>	<b>Consumo de aço</b> .....	<b>77</b>
<b>5.4.3</b>	<b>Consumo Formas</b> .....	<b>78</b>
<b>5.4.4</b>	<b>Consumo de Escoras</b> .....	<b>78</b>
<b>5.4.5</b>	<b>Consumo de Mão de Obra</b> .....	<b>79</b>
<b>5.4.6</b>	<b>Custo Percentual</b> .....	<b>80</b>
<b>5.4.7</b>	<b>Custo Total</b> .....	<b>82</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>86</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>87</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Ainda sem muito uso no Brasil, as edificações com paredes pré moldadas in loco são vistas com um certo preconceito em comparação ao modelo convencional, embora esse método de construção já tenha norma específica que assegura os parâmetros de produção e qualidade. A Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, designou a NBR 16055:2012 – Parede de Concreto Moldada no Local para Construção de Edificações, para tratar dos seus requisitos e procedimentos.

É sabido que o direito a moradia está amparado pela Constituição, cabendo ao Estado dar subsídios para que tal direito seja alcançado.

No entanto essa não é a realidade dos brasileiros nos dias de hoje, segundo o IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o déficit habitacional atualmente é de 6.355.743 unidades, sendo desses um valor de 204.648 unidades para o Estado de Santa Catarina. Observamos assim, a necessidade urgente de investimentos na área de habitação para pessoas de baixa renda.

O Minha Casa Minha Vida (MCMV) é um programa do governo federal que tem como meta, de acordo com a Caixa Econômica Federal, construir um milhão de habitações, priorizando famílias com renda de até 3 salários mínimos, mas também atendendo aquelas que ganham até 10 salários mínimos. Entretanto algumas dificuldades também são observadas, pelo fato de que não é muito vantajoso para algumas construtoras trabalharem diretamente com baixa renda (famílias com renda de até 3 salários mínimos), levando em conta que nem sempre o lucro é satisfatório. Segundo Leal (2010), as construtoras estão criando e utilizando sistemas construtivos alternativos que possuem principalmente essas características, padronização, escala, redução do desperdício e redução do tempo. Onde o sistema de paredes de concreto armado moldadas in loco, atende muito bem a todo esse padrão.

Misurelli e Massuda (2009), apresentam, de forma muito detalhada, o sistema de construção de paredes moldadas in loco, que foi inspirada em experiências bem sucedidas de construções industrializadas em concreto celular (sistema Gethal) e concreto convencional (sistema Outinord), que eram mundialmente conhecidas nas décadas de 70 e 80. Eles também explicam que “Com o crescimento do mercado imobiliário brasileiro e as contínuas medidas públicas para ampliar a oferta de moradias, o sistema parede de concreto representa uma solução factível para produção em escala.”

A construção civil brasileira é deveras conservadora, onde a grande maioria das construções ainda se encaixa nos padrões que decorrem desde a origem das estruturas de

concreto armado, ou seja, as estruturas moldadas in loco com fechamentos de tijolos cerâmicos ou blocos de concreto. No entanto, tal método, gera um consumo muito elevado de materiais naturais não renováveis, além de um desperdício muito elevado de resíduos sólidos.

Nesta vertente novas tecnologias vem ao encontro dos anseios por uma construção mais eficiente, rápida e com um certo apelo de sustentabilidade no que tange ao desperdício de recursos naturais.

## 1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Na atualidade o mercado da construção civil vem ficando cada vez mais tecnológico, proporcionando assim uma gama bem elevada de diferentes modelos de materiais, onde além da construção dita convencional, encontram-se: as construções com blocos estruturais, em *wood frame*, *steel frame*, e também as construções com emprego de parede de concreto armado moldado in loco.

Cabe tanto ao projetista como ao proprietário de uma edificação decidir por qual tecnologia seguir, visto que, observam-se diversos fatores divergentes em cada modelo de construção, dependendo muito do custo benefício que a obra trará.

Assim, o estudo que segue tratará o assunto de paredes de concreto armado moldado in loco e os pontos de vista envoltos em tal tecnologia construtiva.

Será apresentada uma análise técnico-financeira do emprego das paredes moldadas “*in loco*” comparada ao modelo convencional (pilares, vigas e laje moldadas in loco e fechamento feito por material cerâmico), modelo este preponderante no mercado brasileiro.

## 1.2 LIMITAÇÃO DO PROBLEMA

Não fazem parte deste estudo serviços e insumos/materiais comuns as duas tecnologias abordadas, tais como: pintura, instalações hidráulicas e elétricas, colocação de cerâmica, louças e metais, aberturas, entre outros, assim como, não se considerou ainda o custo do terreno.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

Com o aumento da demanda na construção civil e também grandes investimentos feitos pelo Governo Federal, as construtoras viram-se obrigadas a produzir imóveis com boa qualidade e de forma econômica, atendendo inclusive o rigor cada vez crescente das normativas brasileiras em busca de obras mais eficientes no ponto de vista do conforto térmico e acústico, primando inclusive o aumento de sua vida útil.

O mercado aos poucos vem se conscientizando que o sistema convencional de construção não se mostra mais atrativo quando comparado com as novas tecnologias do mercado. Desta forma, as construtoras buscam tais tecnologias visando sempre o equilíbrio entre a qualidade, o custo e o tempo de execução, principalmente quando se trata de habitação popular.

Com o incentivo do governo em diminuir o déficit habitacional, a aplicação de novos métodos construtivos se tornam muito atraentes, tendendo trazer maior lucratividade devido a produção em grande escala e alta repetitividade, como nos casos de conjuntos habitacionais. Um dos métodos utilizados para suprir essa necessidade tecnológica foi o de parede de concreto armado moldado in loco.

Desde 2012 a NBR 16055:2012 – Parede de Concreto Moldada no Local para Construção de Edificações, requisitos e procedimentos, veio para facilitar o acesso da tecnologia aos canteiros de obra. Segundo Arnoldo Wendler, que é consultor da ABECE (Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural) e da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), o treinamento básico é simples.

Pode ser feito, inclusive, com pessoas que não têm experiência anterior na construção civil. Para formar o que a gente chama de montador leva 15 dias. Neste sistema, não existe a figura de pedreiro ou servente. Todos são montadores de fôrmas e para uma turma nova entrar no ciclo de produção (desformar, formar e concretar) leva cerca de um mês.

O estudo comparativo da viabilidade dos dois sistemas construtivos mostra as características executivas, assim como o custo, a quantidade de mão de obra e o tempo de serviço.

## 1.4 OBJETIVOS

O comparativo apresentado tratará do elemento parede de concreto armado moldado in loco, baseado na resolução dos seguintes objetivos.

### 1.4.1 Objetivos Gerais

Realizar um estudo técnico-financeiro em comparação com o método construtivo em paredes de alvenaria com fechamento em blocos cerâmicos e parede de concreto armado moldado in loco, apresentando as vantagens e desvantagens de cada método, junto com a viabilidade econômica e construtiva.

### 1.4.2 Objetivos Específicos

- Estudar o processo construtivo de paredes de concreto armado moldado in loco
- Apresentar as vantagens e desvantagens do método construtivo;
- Fazer a análise técnica e financeira do caso abordado;
- Analisar as conclusões comparativas obtidas através da análise;
- Comparar o custo por m<sup>2</sup> do modelo de edificação convencional e a de parede de concreto armada moldado in loco;
- Executar os cálculos estruturais para o modelo tecnológico apresentado.

## 1.5 METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos deste trabalho apresentar-se-ão os conceitos pertinentes ao assunto explorados através de extensa fundamentação bibliográfica, abordando todas as informações necessárias para obtenção os elementos estruturais.

O estudo será embasado nas NBR pertinentes aos dois modelos utilizados.

Primeiramente será elaborado um projeto padrão de uma edificação unifamiliar, dita popular. Posteriormente o projeto padrão será calculado pelos dois modelos estruturais

sendo a solução do modelo de paredes de concreto armado moldado “*in loco*” com auxílio de planilhas Excel, e o modelo de estrutura convencional obtido através do *software* Eberick/AltoQi.

Finalmente será realizada uma análise comparativa, abordando as técnicas utilizadas para as duas formas de construção visando assim o ganho financeiro atribuído para ambos os casos.

Ao final de todo o estudo, será apresentado um balanço comparativo com os resultados obtidos.

## 1.6 SEQUÊNCIAS DO TRABALHO

O estudo que segue será estruturado em seis capítulos estando assim dispostos:

O capítulo 1 tratará da justificativa da elaboração deste estudo apresentando os objetivos a ser obtida bem como a limitação a pesquisa.

O capítulo seguinte, intitulado revisão bibliográfica, tratará de apresentar os conceitos envolvidos no objeto da pesquisa de forma a subsidiar o leitor de informações para que o mesmo possa compreender os ritos que serão apresentados.

No capítulo 3 será apresentado a análise estrutural do projeto modelo e no capítulo 4 será apresentado o projeto estrutural do projeto modelo em parede de concreto.

Já no capítulo 5 serão apresentados os comparativos de custo para o método de parede de concreto e do método convencional, seguindo as análises referentes ao assunto abordado.

Finalmente, no capítulo 6, as referências bibliográficas utilizadas para a elaboração deste.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

### 2.1 CONCRETO

A palavra cimento originaria do latim “caementu” tinha como origem a antiga Roma, era uma espécie de pedra natural de rochedos. O cimento tem cerca de 4.500 anos de idade, segundo Arnaldo Forti Battagin, da Associação Brasileira de Cimento Portland, após a queima de uma mistura de argila e pedras calcárias, notou-se que, ao secar, a mesma se tornava extremamente dura. Battagin menciona, ainda, que o nome Portland vem pela semelhança da cor da mistura com as rochas da Ilha de Portland.

Inúmeras tentativas de instalações de fábricas foram feitas no Brasil, começando pelo ano de 1892, quando Antônio Proost Rodovalho se empenhou em instalar uma fábrica em Sorocaba – SP, porém a mesma funcionou por apenas três meses. Várias outras tentativas foram feitas em outros lugares do Brasil, porém sem sucesso devido a algumas circunstâncias, tais como, pequena escala de produção, distância entre fábricas e consumidores finais, e em alguns casos até a falta de qualidade do material. No ano de 1924 foi feita a implantação da fábrica da Companhia Brasileira de Cimento Portland no estado de São Paulo, tal construção pode ser considerada um marco da implantação da indústria brasileira de cimento, onde em 1926 as primeiras toneladas foram colocadas no mercado, e era uma produção inteiramente nacional.

Obtido pelo cozimento de calcário e argila, o clínquer é a principal matéria-prima do cimento. Constituído de silicatos e aluminatos de calcário. Segundo Petrucci (1979), ao serem misturados com água, produzem o endurecimento, trazendo elevada resistência mecânica.

Através da mistura do cimento com agregados e água obtém-se o concreto. A partir de ensaios para controles de qualidade é possível observar suas principais propriedades mecânicas, destacam-se então a resistência a compressão, seu módulo de elasticidade e a sua baixa resistência à tração.

Para Petrucci (1979), deve-se considerar a divisão do agregado em miúdo e grúdo e a relação entre a água e os materiais secos, usualmente fator água/cimento, para atingir um concreto de alta qualidade.

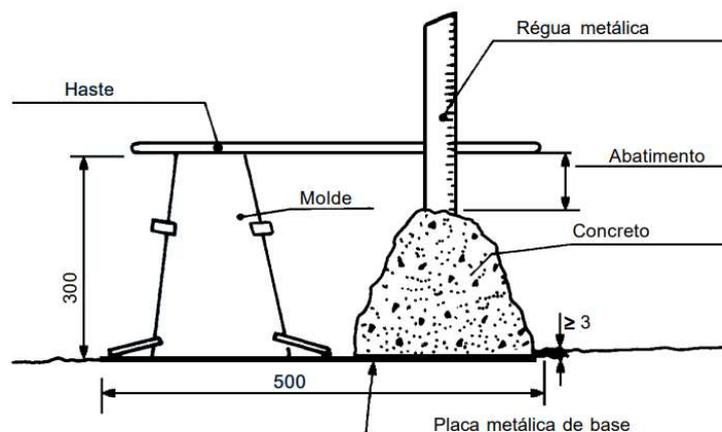
Quando fresco, o concreto apresenta uma boa trabalhabilidade, consistência e homogeneidade. A sua consistência e trabalhabilidade é determinada pela quantidade de água e da granulometria dos agregados que são adicionados a sua mistura. O concreto é considerado trabalhável quando apresenta facilidade de lançamento e adensamento, já sua capacidade de

deformação é denominada consistência. Quanto mais consistente, menos o concreto fresco se deforma.

A densidade de aço na peça é fator preponderante para definir-se o grau de trabalhabilidade do concreto. Peças com elevada taxa de armadura certamente demandarão de um concreto com maior trabalhabilidade do que peças com taxas menores. No entanto deve-se ter em mente que a água apesar de conferir trabalhabilidade tem relação inversamente proporcional com a resistência, ou seja, quanto maior for o fator água/cimento, menor será a resistência do mesmo, desta forma, a simples adição de água não deve ser considerada para obtenção de uma trabalhabilidade adequada, para tal, pode-se fazer uso de aditivos especiais para este fim.

O chamado *Slump test* (Figura 1) pode ser realizado para medir o abatimento do concreto, determinando a consistência. Quanto maior o abatimento, mais trabalhável é o concreto.

Figura 1 - Slump test



Fonte: NBR NM 67, 1998.

O abatimento feito através do *Slump test* é especificado em projeto, sempre com uma margem de erro, como por exemplo  $10 \pm 2$ , ou seja, quando o teste é feito em canteiro o abatimento do topo do molde até o meio do concreto precisa ter 10cm com margem de erro de 8 até 12cm. O início de pega do concreto se dá quando o mesmo não possui trabalhabilidade, a perda de água do concreto após a pega causa retração, que é a diminuição do seu volume inicial. Nesse momento que se inicia a cura do concreto, a evaporação rápida da água presente no concreto pode ocasionar fissuração na estrutura, logo, é importante impedir tal evaporação, molhando bem as formas e a superfície do concreto (NBR NM 67, 1998).

## 2.2 CONCRETO ARMADO

Quando é inserida a armadura (barras de aço CA-50/CA-60) no concreto simples, obtém-se o concreto armado. O concreto armado tem por finalidade resistir aos esforços solicitantes, através da aderência entre o concreto e a armadura.

No concreto armado as barras de aço são dispostas na estrutura, conforme projeto, e posteriormente ao início da deformação do concreto começam a resistir aos esforços, com a aderência entre concreto e armadura. Nesse caso, a armadura é considerada armadura passiva.

Algumas vantagens no uso do concreto armado podem ser citadas, tais como: boa resistência as solicitações, agilidade na execução, baixo custo de materiais e de mão de obra, pouca exigência de manutenção, entre outras. No entanto em alguns pontos negativos também devem ser observados, tais como: elevado peso próprio além de baixa resistência a tração, podendo ocasionar fissuração excessiva, provocando a corrosão caso as armaduras fiquem expostas.

O concreto armado é um dos materiais mais utilizados no mundo, tendo aplicação em diversas áreas da construção civil. Como por exemplo, na execução de lajes maciças, como pode ser visto na Figura 2 abaixo.

Figura 2 - Laje Maciça de Concreto Armado.



Fonte: Autor, 2018.

### 2.2.1 Aço

Composto de ferro e baixas quantidades de carbono, entre 0,18% e 0,25% de teor de carbono, o aço é uma liga metálica que apresenta resistência e ductilidade como principais propriedades.

De acordo com Pinheiro (2007), ao associar aço ao concreto simples, por suas propriedades específicas, resolve-se parte dos problemas presentes no concreto ocasionados pela baixa resistência à tração, melhorando o desempenho do mesmo.

Encontradas em forma de barras (Figura 3) de 12,00m ou rolos, quando utilizados em fábricas de pré-fabricados de concreto, o aço é insumo essencial para a execução das estruturas de concreto.

Figura 3 - Aço Para Concreto Armado.



Fonte: Catálogo Arcelor Mittal, 2017.

## 2.3 PAREDES DE ALVENARIA EM BLOCO CERÂMICO

### 2.3.1 Definição

Conforme Azevedo (1997) alvenaria é toda obra construída por meio de pedras naturais, tijolos ou blocos de concreto que tem por objetivo oferecer resistência, durabilidade e impermeabilidade. A utilização de tijolos garante a resistência e durabilidade, já a impermeabilização é dada com a utilização de alguns produtos específicos. Normalmente as alvenarias são classificadas como de vedação ou estrutural. Azevedo (1997) afirma que a alvenaria mais utilizada é a de tijolos de barro cozido, a matéria prima é a argila misturada com pedra arenosa. Azevedo (1997) também explica que depois que a argila é selecionada, ela é

misturada com água até formar uma pasta. São colocados em fornos em temperaturas que variam de 900 a 1100 °C. A cor do tijolo pode variar dependendo da qualidade da argila utilizada na mistura. Através do teste de sonoridade pode-se distinguir o grau de cozimento de um tijolo, pois ele bem cozido apresenta um som particular. Para se ter um tijolo de qualidade o mesmo deve ter uma cor agradável, reentrâncias bem definidas e arestas vivas.

### **2.3.2 Materiais**

Na alvenaria de vedação os materiais mais comuns são a argamassa de assentamento e os blocos. Com o desenvolvimento do setor e aumento da demanda, se fez necessário a criação de novos materiais, a argamassa e os blocos sofreram modificações. Tal avanço proporcionou uma grande variedade dos tipos e das características desses materiais, com o intuito de atender as exigências técnicas e como consequência trazer eficiência ao produto final. Azevedo (1997) afirma que no decorrer dessa evolução dos materiais, os principais foram à argamassa industrializada e o bloco de concreto.

### **2.3.3 Processo executivo**

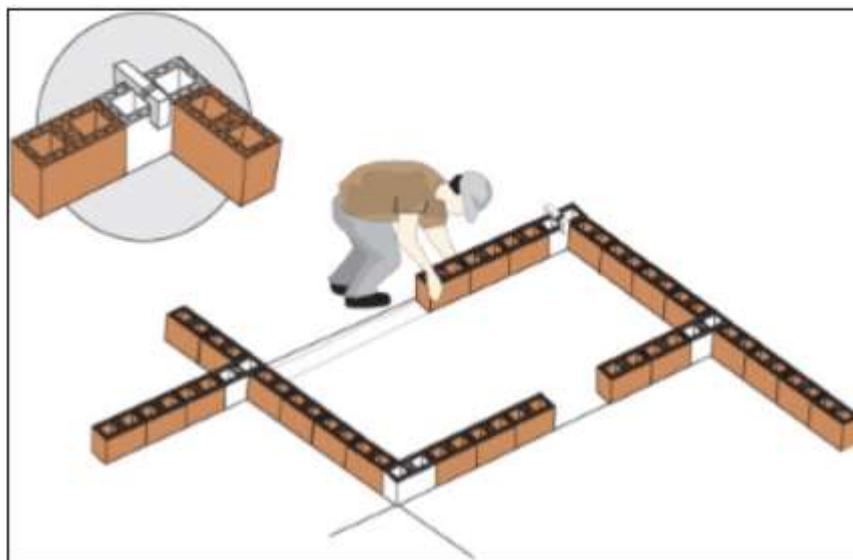
Com o intuito de trazer uma maior agilidade no processo de execução da alvenaria, foi dividido em algumas etapas com o foco nas diretrizes técnicas descritas na NBR 8545:1984 (Execução de Alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos), evitando assim futuras patologias. Essas etapas são divididas em marcação, assentamento e encunhamento. Os prazos técnicos de execução devem ser respeitados antes do início da próxima etapa, evitando danos a alvenaria.

### **2.3.4 Marcação**

A marcação é a primeira etapa do processo, que é a locação da primeira fiada de tijolo, sendo que a marcação inicial é feita de acordo com o projeto arquitetônico, como pode ser visto na Figura 4. Antes da locação deve-se fazer a verificação do nível do piso, o mesmo deve estar nivelado para que o serviço se inicie. A locação das paredes deve ser feita com a

utilização de cotas acumuladas buscando minimizar o acúmulo de erros de medição. Depois de marcado os eixos das paredes e verificado os esquadros, iniciasse a locação da primeira fiada em pontos estratégicos como canto de paredes, encontros e aberturas (D2R ENGENHARIA, 2012). De acordo com a NBR 8545:1984 as juntas de argamassa devem ter no máximo 10 mm e não devem apresentar vazios.

Figura 4 - Marcação da Primeira Fiada



Fonte: Selecta Blocos, 2012.

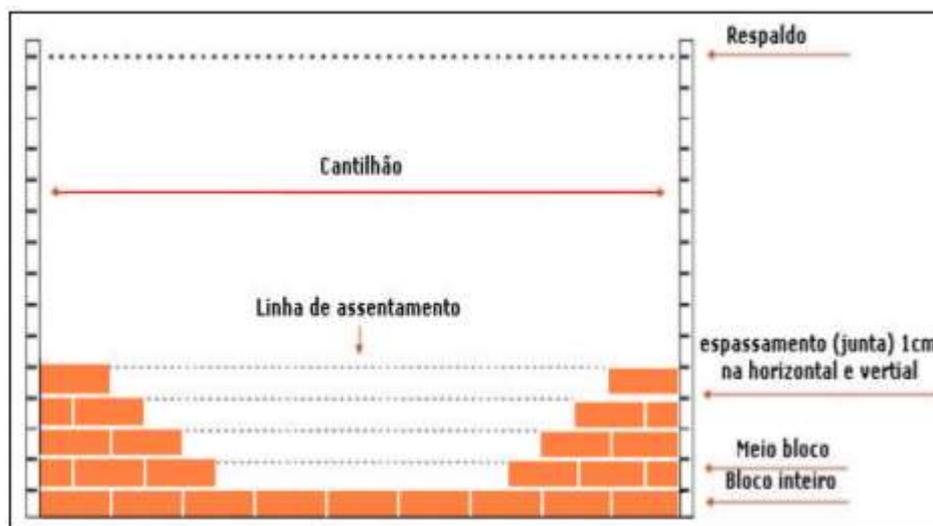
### 2.3.5 Assentamento

O assentamento da alvenaria deve ser feita conforme especificado e projeto, considerando a espessura a ser utilizada. Na execução da alvenaria as fiadas vão sendo levantadas de forma que as juntas verticais sejam descontínuas. Se houver necessidade da utilização de assentamento com juntas verticais contínuas (no mesmo alinhamento vertical) a NBR 8545:1984 recomenda a utilização de armadura longitudinal situada na argamassa de assentamento. O estudo inicial do posicionamento dos blocos cerâmicos deve ser feito a modo de garantir que a alvenaria tenha o maior número possível de blocos inteiros, trazendo maior economia e aumentando a velocidade de execução. A NBR 8545:1984 afirma que o assentamento dos componentes cerâmicos deve ser planejado de tal forma que nos encontro de paredes sejam realizadas juntas de amarração. Devem ser executadas no mínimo 24 horas após a execução da impermeabilização da viga baldrame, garantindo assim a estanqueidade da alvenaria. A NBR 8545:1984 explica que em todos os vãos de portas e janelas sejam moldadas

vergas e contra-vergas, excedendo 20 cm para cada lado do vão com altura mínima de 10 cm. Quando o vão ultrapassar 2,40 m elas devem ser calculadas como vigas.

A Figura 5 abaixo, mostra o layout de uma típica parede de blocos cerâmicos, apresentando inclusive os elementos necessários para sua execução.

Figura 5 - Elevação da alvenaria de blocos cerâmicos



Fonte: FK Comércio, 2012.

### 2.3.6 Encunhamento

O encunhamento é executado no encontro da alvenaria de vedação com a estrutura da edificação, onde devido a transmissão de esforços da estrutura para a alvenaria, geram algumas fissuras. Normalmente o encunhamento é feito com argamassa aditivada com expansor, respeitando sempre o tempo de cura da argamassa de assentamento, sendo aplicado com a colher de pedreiro normal e, após o tempo de cura da massa esse expansor causa uma interligação da estrutura com a alvenaria com uma certa maleabilidade, reduzindo a fissuração nesse encontro de diferentes materiais.

A técnica de encunhamento com tijolos cerâmicos inclinados a 45° com assentamento de argamassa de cimento e areia também era muito utilizado com o intuito de fazer o fechamento amortecedor das deformações estruturais transmitidas a parede (THOMAZ, 1989).

### 2.3.7 Vantagens e Desvantagens

As paredes de alvenaria de blocos cerâmicos podem ser considerados o método de vedação mais utilizado na Construção Civil, tal fato se justifica por ser muito comum a sua comercialização e também pela facilidade de execução. A Unama (2009) cita algumas vantagens da alvenaria de vedação com blocos cerâmicos:

- Bom isolamento térmico e acústico;
- Boa estanqueidade à água;
- Boa resistência ao fogo;
- Durabilidade superior a cem anos, sem proteção e sem manutenção;
- Facilidade de composição dos elementos de qualquer forma e dimensão;
- Sem limitação de uso em relação às condições ambientais;
- Baixa inversão de capital na produção;
- Total disponibilidade de matéria prima;
- Produção não poluente, sem geração de resíduos prejudiciais ao meio ambiente;

Algumas desvantagens a respeito da alvenaria de vedação também são citadas:

- Como não se utiliza projeto de alvenaria, as soluções construtivas são improvisadas durante a execução dos serviços;
- Qualidade deficiente dos materiais utilizados e da execução;
- Muitos retrabalhos na execução dos rasgos para passagens das tubulações hidráulicas e eletrodutos;
- Necessidade de revestimentos adicionais para buscar uma textura lisa.

## 2.4 PAREDE DE CONCRETO ARMADO MOLDADA *IN LOCO*

Quando trata-se de construções com paredes de concreto armado moldado *in loco* depara-se com um certo preconceito do consumidor final, pelo fato de estarem acostumados com o sistema convencional.

Segundo Misurelli e Massuda (2009) “O sistema possibilita a construção de casas térreas, assobradadas, edifícios de até cinco pavimentos padrão, edifícios de oito pavimentos

padrão com esforços de compressão, de até 30 pavimentos padrão e com mais de 30 pavimentos - considerados casos especiais e específicos.”

O método em questão ainda está em expansão no Brasil, e também em aceitação do público, pelo fato de ser um modelo de construção diferente do que usualmente se aplica, porém em alguns países da América do Sul como Chile e Colômbia, o novo modelo de construção tem uma disseminação mais concreta dentro do mercado. Pelo avanço desses países na utilização desse sistema construtivo, no ano de 2007 profissionais da construção civil representantes da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), ABESC (Associação Brasileira de Serviços de Concretagem) e IBTS (Instituto Brasileiro de Tela Soldada) realizaram visitas em obras das capitais dos países com o intuito de aprofundar o conhecimento pelas edificações produzidas com paredes de concreto armada e moldada no local. A partir disso, os profissionais constataram que a utilização desse método poderia trazer ótimos resultados no ramo das habitações populares, de médio e alto padrão (INSTITUTO BRASILEIRO DE TELA SOLDADA, 2008). Deste modo, iniciaram-se estudos para tornar esse método construtivo mais eficiente e também viável em comparação com os métodos convencionais.

“Há cerca de três anos, o volume de lançamentos das construtoras seguia um ritmo cadenciado, acompanhando a demanda por imóveis, principalmente de médio e alto padrão. O sistema de construção convencional - estrutura de concreto moldada "in loco", alvenaria de blocos, instalações elétricas e hidráulicas montadas no local - era o que melhor equalizava as exigências quanto a prazo, orçamento e qualidade do empreendimento (FARIA, 2009)”.

A Rodobens Negócios Imobiliários foi à primeira empresa a adotar o método parede de concreto em seus empreendimentos. No ano de 2006 a empresa já recebia os primeiros jogos de forma para construção de um condomínio em São José do Rio Preto (SP). De acordo com Geraldo Cêsta, diretor técnico da Rodobens foi adquirido fôrmas de alumínio importadas dos Estados Unidos e outras de material polimérico locadas no mercado nacional. As fôrmas plásticas já estavam disponíveis no Brasil, mas sua utilização era muito restrita. Ele afirma que a qualidade dos 22 painéis e a durabilidade das fôrmas foi um dos aspectos mais aprimorados pelas empresas no decorrer dos anos (FARIA, 2009).

O método construtivo de parede de concreto armado moldado *in loco* apresenta algumas características muito próprias, a parede tem função de vedação e também função estrutural, instalações elétricas e hidráulicas são montadas preliminarmente junto com a estrutura da parede. É um método construtivo muito racionalizado, visando oferecer sempre

economia, produtividade e com mão de obra especializada uma qualidade muito satisfatória. Diante dos investimentos do Governo Federal no programa MCMV lançado em 2009 e também a aprovação da NBR 16055:2012 (Parede de concreto moldada no local para a construção de edifício – Requisitos e Procedimentos), o sistema construtivo parede de concreto possui grande capacidade de expansão.

#### **2.4.1 Características de Projeto**

Logo após a comprovação de que o sistema de parede de concreto poderia trazer pontos satisfatórios para a construção civil, principalmente quando tratado de unidade habitacionais, demandou um trabalho de pesquisa muito aprofundado para a comprovação de viabilidade e elaboração de um modelo de cálculo estrutural para que fosse feito tudo de acordo com as exigências das normas técnicas brasileiras.

As normas que seguiram como base para o estudo e elaboração do modelo de cálculo brasileiro foram as da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) NBR 6118:2014 (Projeto de estrutura de concreto – Procedimento), a norma norteamericana ACI 318 (American Concrete Institute) e a francesa DTU (Documents Techniques Unifiés) 23.1 (MISURELLI; MASSUDA, 2009).

Através das pesquisas foram elaboradas técnicas de recomendação para o dimensionamento de estruturas com paredes de concreto e exigido alguns requisitos de qualidade do projeto e dos materiais, conforme descrito na NBR 16055:2012. Como o concreto é o principal material utilizado nesse método construtivo, tendo em vista garantir a segurança e a qualidade, inúmeros tipos de concretos foram testados, sempre tendo como base a norma de desempenho NBR 15575:2013. Os ensaios feitos tiveram como principal objetivo analisar o desempenho térmico, acústico, resistência e permeabilidade.

Conforme explica Misurelli e Massuda (2009), no Brasil são recomendados quatro tipos de concreto

- Concreto celular;
- Concreto com elevado teor de ar incorporado;
- Concreto com agregados leves e com baixa massa específica;
- Concreto convencional ou concreto autoadensável;

Para que a estrutura não tenha futuras patologias devida a perda de resistência ou aplicação incorreta das barras, alguns cuidados devem ser tomado com o aço.

Segundo os autores, alguns cuidados devem ser tomados a partir do recebimento do material, é necessário que seja feita uma análise criteriosa do material no momento do recebimento, verificando se as peças recebidas estão de acordo com o pedido, todo esse material deve ser transportado e armazenado de forma que não seja danificado de alguma forma. É de orientação também que no ato do armazenamento, esses materiais sejam estocados na horizontal (se tiver grande espaço), caso o espaço seja limitado, o armazenamento pode ser feito na vertical usando cavaletes, no entanto cuidando para não danificar as peças. O cuidado e organização das peças é muito importante pois facilita a montagem e diminui os riscos da utilização de materiais em locais indevidos.

## 2.5 FORMAS

“O sistema de fôrmas é composto de estruturas provisórias, cujo objetivo é moldar o concreto fresco.”, define a NBR 16055:2012. Também é formado por outros elementos, como os painéis de formas, escoramento, cimbramentos, aprumadores e andaimes.

Conforme recomendação da NBR 16055:2012, quando tratamos de sistemas de formas, o mesmo deve ser projetado e construído da seguinte forma:

- a) Resistir à diversas solicitações durante o processo executivo, tais quais, ações ambientais, cargas de estruturas temporárias, efeito acidentais causados pela logística de lançamento e adensamento do concreto na estrutura;
- b) Obter uma rigidez suficiente para garantir as especificações de projeto e a integridade dos elementos estruturais, mantendo-se sempre dentro das tolerâncias previstas;
- c) Garantir estanqueidade e conformidade com a geometria das peças que estão sendo moldadas.

Segundo a norma brasileira sobre Paredes de Concreto Moldada no Local para a Construção de Edificações (2012), as formas são basicamente de 3 materiais: metal, plástico e madeira. A ABCP (2007), definiu e caracterizou esses tipos de forma, como:

- Fôrmas Metálicas: peças em alumínio ou aço, que formam painéis e dão forma e acabamento à estrutura concretada; possuem alta durabilidade, seja de aço ou de alumínio e quando são feitas em alumínio são mais leves que quando são em aço (Figura 6);

Figura 6 - Fôrmas Metálicas



Fonte: Comunidade da Construção, 2016.

- Fôrmas Metálicas com compensados: são compostas por peças em aço ou alumínio em forma de quadros e utilizam chapas de compensado de madeira ou material sintético para dar o acabamento e o fechamento da estrutura concretada; são menos duráveis que as formas metálicas e são mais pesadas que as formas em alumínio e mais leves das feitas com aço (Figura 7);

Figura 7 - Conjunto de formas metálicas com compensados



Fonte: Comunidade da Construção, 2016.

- Fôrmas Plásticas: as peças de encaixe são feitas com plástico reciclável, tanto para a estruturação de seus painéis como para dar acabamento à peça 31 concretada. Necessitam de contraventamento por estruturas metálicas.

São tão leves quanto às formas de alumínio, no entanto tem baixa durabilidade (Figura 8).

Figura 8 - Conjunto de formas de plástico



Fonte: Silva, 2010.

Conforme é observado na ABCP (2007) é comum o uso de telas soldadas no eixo das paredes e barras em pontos estratégicos, como em cintas, vergas e contra-vergas.

No momento em que é feita a montagem das armaduras, deve-se, seguir o projeto estrutural de forma que a execução não ocorra de forma distinta ao projeto, em hipótese alguma deve-se aplicar uma armadura de especificação diferente sem antes consultar o projetista. Além de que, na obra as armaduras não devem ser estocadas em contato direto com o solo, e todas as peças devem estar bem identificadas para evitar ao máximo os erros. (NBR 16055,2012).

Ainda de acordo com a NBR 16055:2012, o processo de ancoragem dos componentes de armaduras por aderência ou por meio de dispositivos mecânicos deve seguir o que estabelece o projeto da estrutura de parede de concreto, sem modificações aleatórias.

## 2.6 PROCESSO EXECUTIVO

### 2.6.1 Fundação

Para fazer a escolha do tipo de fundação de uma edificação, devemos levar em conta as condições do local de instalação do empreendimento variando conforme o clima local, a topografia do terreno e principalmente a resistência do solo. Na escolha do tipo de fundação deve-se garantir a segurança, estabilidade e durabilidade da edificação.

Independente da opção escolhida, ela deve ser executada com um nivelamento rigoroso, garantindo assim uma correta montagem do sistema de fôrmas. É recomendada a construção de uma laje/piso na cota do terreno para que sirva de apoio ao sistema de fôrmas e elimine a possibilidade de se trabalhar em terreno bruto. A laje/piso deve ser construída excedendo as dimensões iguais à espessura dos painéis externos das fôrmas facilitando a montagem. Se a escolha da fundação for o radier, a construção da calçada externa junto com a laje de fundação traz velocidade e facilidade no apoio dos painéis (MISSURELI; MASSUDA, 2009).

A partir dos detalhes previamente definidos no projeto, a fundação do tipo radier é construída com as tubulações de água, esgoto e elétrica embutidas, e a localização dos pontos é definida com a utilização de gabarito específico.

Conforme os autores alguns fatores devem ser observados durante esse processo:

- A locação e o nivelamento das fundações devem estar de acordo com o projeto arquitetônico e as fôrmas;
- Deve-se tomar todas as precauções para evitar que a umidade do solo migre para a edificação;
- Recomenda-se a cura úmida do concreto por um período mínimo de sete dias para fundações do tipo radier;
- A concretagem das fundações tipo radier é feita de forma convencional, diretamente do caminhão – betoneira sobre uma lona plástica que cobre uma camada nivelada de brita, com espessura mínima de 3 centímetros.

### **2.6.2 Marcação da laje**

Se faz necessário a marcação do piso ou laje onde irão ser feitas as paredes, esta marcação se dá por duas linhas, uma na face interna e uma na face externa da parede, de modo a orientar o posicionamento dos painéis das formas, como mostra a Figura 9. Além de também instalar espaçadores no chão de modo que o distanciamento entre as formas sejam mantidas (Coletânea de Ativos – Parede de Concreto 2007).

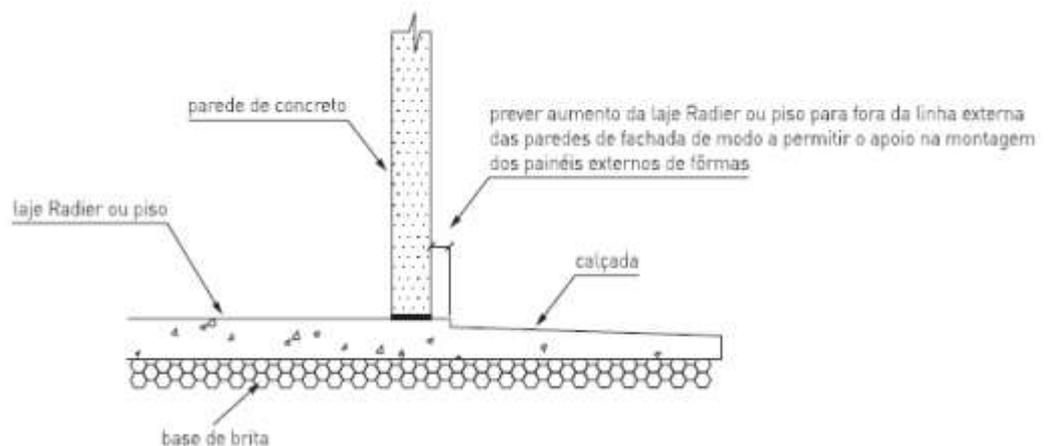
Figura 9 - Marcação das Paredes



Fonte: Silva, 2010.

O eixo central da parede que inicia a sua marcação, onde através do eixo se considera 5 cm para cada lado, totalizando 10 cm de espessura total da parede, e dependendo da espessura da forma, deve-se acrescentar mais essa espessura para o lado interno e externo da parede, conforme mostra a Figura 10 (SILVA, 2011).

Figura 10 - Detalhe das bordas – Fundação radier



Fonte: ABCP, 2007.

### 2.6.3 Armação e modelagem da estrutura

A utilização e dimensionamento da armação a ser adotada no sistema de parede pré moldada de concreto varia conforme as dimensões e cargas que atuam na edificação. Quando se trata de habitação popular, normalmente é utilizado treliças em pontos que são considerados mais críticos, que são detalhados no projeto.

Misurelli e Massuda (2009) explicam que armadura deve atender três requisitos básicos:

- Resistir a esforços de flexotorção nas paredes;
- Controlar a retração do concreto;
- Estruturar e fixar as tubulações de elétrica, hidráulica e gás.

Figura 11 - Montagem das Armaduras e Eletrodutos



Fonte: Revista Técnica, 2009.

As telas soldadas nervuradas Gerdau são feitas com aço CA-60 e são soldadas em todos os pontos de cruzamento, garantindo uma melhor ancoragem, ligando os elementos estruturais, além de proporcionar excelente controle de fissuramento. As telas tem como principal função construir lajes em concreto armado, pisos industriais, paredes de concreto e estruturas pré moldadas.

Tabela 1 - Telas de Aço CA-60.

Aço CA-60	Espaçamento entre fios (cm)		Diâmetro (mm)		Seções (cm <sup>2</sup> /m)		Apresentação	Dimensão (m)		Peso	
	Designação	Long.	Transv.	Long.	Transv.	Long.		Transv.	Rolo/Painel	Largura	Compr.
Q 61	15	15	3,4	3,4	0,61	0,61	PAINEL	2,45	6	0,97	14,25
Q 75	15	15	3,8	3,8	0,75	0,75	PAINEL	2,45	6	1,21	17,81
Q 92	15	15	4,2	4,2	0,92	0,92	PAINEL	2,45	6	1,48	21,76
Q 113	10	10	3,8	3,8	1,13	1,13	PAINEL	2,45	6	1,80	26,46
Q 138	10	10	4,2	4,2	1,38	1,38	PAINEL	2,45	6	2,20	32,34
Q 159	10	10	4,5	4,5	1,59	1,59	PAINEL	2,45	6	2,52	37,04
Q 196	10	10	5	5	1,96	1,96	PAINEL	2,45	6	3,11	45,72
Q 246	10	10	5,6	5,6	2,46	2,46	PAINEL	2,45	6	3,91	57,48
Q 283	10	10	6	6	2,83	2,83	PAINEL	2,45	6	4,48	65,86
Q 335	15	15	8	8	3,35	3,35	PAINEL	2,45	6	5,37	78,94
Q 396	10	10	7,1	7,1	3,96	3,96	PAINEL	2,45	6	6,28	92,32
Q 503	10	10	8	8	5,03	5,03	PAINEL	2,45	6	7,97	117,16
Q 636	10	10	9	9	6,36	6,36	PAINEL	2,45	6	10,09	148,32
Q 785	10	10	10	10	7,85	7,85	PAINEL	2,45	6	12,46	183,16
T 92	30	15	4,2	4,2	0,46	0,92	PAINEL	2,45	6	1,12	16,53
T 113	30	10	3,8	3,8	0,38	1,13	PAINEL	2,45	6	1,22	17,89
T 138	30	10	4,2	4,2	0,46	1,38	PAINEL	2,45	6	1,49	21,86
T 159	30	10	4,5	4,5	0,53	1,59	PAINEL	2,45	6	1,71	25,09
T 196	30	10	5	5	0,65	1,96	PAINEL	2,45	6	2,11	31,02
T 246	30	10	5,6	5,6	0,82	2,46	PAINEL	2,45	6	2,64	38,81
T 283	30	10	6	6	0,94	2,83	PAINEL	2,45	6	3,03	44,54
T 335	30	15	6	8	0,94	3,35	PAINEL	2,45	6	3,45	50,72
T 396	30	10	6	7,1	0,94	3,96	PAINEL	2,45	6	3,92	57,87
T 503	30	10	6	8	0,94	5,03	PAINEL	2,45	6	4,76	69,97

Fonte: Catálogo Gerdau, 2017.

Tabela 2 - Telas de Aço CA-60

L 113	10	30	3,8	3,8	1,13	0,38	PAINEL	2,45	6	1,21	17,72
L 138	10	30	4,2	4,2	1,38	0,46	PAINEL	2,45	6	1,47	21,64
L 159	10	30	4,5	4,5	1,59	0,53	PAINEL	2,45	6	1,69	24,84
L 196	10	30	5	5	1,96	0,65	PAINEL	2,45	6	2,09	30,72
L 246	10	30	5,6	5,6	2,46	0,82	PAINEL	2,45	6	2,62	38,51
L 283	10	30	6	6	2,83	0,94	PAINEL	2,45	6	3,00	44,10
L 335	15	30	8	6	3,35	0,94	PAINEL	2,45	6	3,48	51,16
L 396	10	30	7,1	6	3,96	0,94	PAINEL	2,45	6	3,91	57,48
L 503	10	30	8	6	5,03	0,94	PAINEL	2,45	6	4,77	70,12
L 636	10	30	9	6	6,36	0,94	PAINEL	2,45	6	5,84	85,85
L 785	10	30	10	6	7,85	0,94	PAINEL	2,45	6	7,03	103,34
R 138	10	15	4,2	4,2	1,38	0,92	PAINEL	2,45	6	1,83	26,90
R 159	10	15	4,5	4,5	1,59	1,06	PAINEL	2,45	6	2,11	31,02
R 196	10	15	5	5	1,96	1,3	PAINEL	2,45	6	2,60	38,22
R 246	10	15	5,6	5,6	2,46	1,64	PAINEL	2,45	6	3,26	47,92
R 283	10	15	6	6	2,83	1,88	PAINEL	2,45	6	3,74	55,04
M 138	10	20	4,2	4,2	1,38	0,89	PAINEL	2,45	6	1,85	24,26
M 159	10	20	4,5	4,5	1,59	0,79	PAINEL	2,45	6	1,90	27,93
M 196	10	20	5	5	1,96	0,98	PAINEL	2,45	6	2,34	34,40
M 246	10	20	5,6	5,6	2,46	1,23	PAINEL	2,45	6	2,94	43,22
M 283	10	20	6	6	2,83	1,41	PAINEL	2,45	6	3,37	48,54
M 396	10	20	7,1	7,1	3,96	1,98	PAINEL	2,45	6	4,73	69,46

\* Outras opções de dimensões sob consulta.

Fonte: Catálogo Gerdau, 2017.

Quando se finaliza a fixação da armadura em toda a extensão da edificação, se dá início a montagem das tubulações de água, esgoto, gás, eletrodutos, as caixas elétricas e os quadros de distribuição. A locação dessas peças devem ser feitas conforme o projeto para que se consiga um perfeito encaixe nos moldes. Os pontos devem estar bem fixados para que não haja deslocamento de algum item no momento da concretagem. Ou seja, a parte de locação dos itens citados devem ser feitos por um profissional, para que ocorra o menor número de erros possível.

Para garantir que a edificação não venha a sofrer com futuras patologias como fissuras em sua estrutura, deve-se observar sempre o correto posicionamento da armadura e a geometria na fixação dos painéis, é necessária a aplicação de espaçadores na armação, tubulações hidráulicas e eletrodutos.

#### 2.6.4 Montagem das Formas

Conforme a ABCP (2007), a montagem das fôrmas depende do tipo de forma escolhido e segue a sequência executiva indicada em projeto. Normalmente começa-se a montar a partir das quinas e em seguida os painéis internos. A Figura 12 ilustra a montagem de fôrmas metálicas.

Figura 12 - Montagem das Formas Metálicas



Fonte: Ferreira, 2012.

Para que se consiga uma maior agilidade de montagem e uma identificação mais fácil das peças, é muito importante que os painéis estejam numerados de acordo com o projeto.

A NBR 16055:2012 enfatiza a necessidade de conferência dos escoramentos, aprumadores e alinhadores horizontais antes da concretagem, para que as dimensões e prumo das formas estejam conforme o especificado em projeto, garantindo assim a qualidade da obra. Outro ponto importante que se deve levar em conta é a estanqueidade das fôrmas, evitando o vazamento de concreto ou algum imprevisto no momento da concretagem (Figura 13).

Figura 13 - Detalhamento do travamento das formas



Fonte: Silva, 2011.

### 2.6.5 Concretagem

Antes da montagem da forma para a fabricação das paredes, se aplica na face interna das formas um líquido oleoso que tem como função impedir que o concreto grude nos painéis, chamado desmoldante. A utilização deste produto é essencial para manter o acabamento superficial final da estrutura, onde facilita a retirada dos painéis sem danificar as paredes, o mesmo é aplicado como mostra a Figura 14. A escolha do tipo de desmoldante é diferente para cada tipo de forma que for escolhido (ABCP, 2010).

Figura 14 - Aplicação do desmoldante nas fôrmas



Fonte: Faria, 2009.

Quanto à execução da concretagem, a ABCP (2007) informa que o lançamento do concreto deve ser uma atividade planejada e obedecer a um critério de escolha de pontos, de modo que o concreto ocupe homogeneamente todos os espaços vazios.

O lançamento do concreto se dá por uma ordem generalizada, onde se inicia por um dos cantos da edificação, fazendo o preenchimento total de alcance (Figura 15). Depois, muda-se em direção ao lado oposto do primeiro ponto, o procedimento se repete até que o lançamento seja feito em todos os lados da edificação e aconteça o preenchimento total das paredes. Para ter uma maior eficácia na concretagem, são sugeridos funis ou trombas, para que o desperdício de material seja o menor possível, e para manter a homogeneidade do concreto.

Figura 15 - Concretagem das paredes



Fonte: Comunidade da Construção, 2016.

Conforme Misurelli e Massuda (2009) o tempo que o concreto leva para chegar até a obra é extremamente importante para o desempenho da estrutura. O tempo é definido do início da mistura da água com o agregado, esse tempo deve ser definido de modo a garantir que o fim do adensamento seja inferior ao início da pega, evitando juntas frias. O tempo entre o início da mistura até a entrega do concreto deve ser inferior a 90 minutos. A duração da concretagem de uma habitação popular gira em torno de 60 minutos, assim o início da mistura na central até o final da aplicação não pode ultrapassar 150 minutos. No caso do concreto autoadensável o tempo de adição do aditivo hiperfluidificante e o bombeamento do concreto deve ser no máximo 40 minutos.

### **2.6.6 Desforma**

A desforma só deve se iniciar depois que o concreto atinge a resistência de 1 Mpa, isso se dá em torno de 12 horas depois da concretagem, minimizando sempre os impactos para evitar o surgimento de fissuras (VENTURINI, 2011). Logo após a desmontagem das formas, deve-se ser feita a limpeza utilizando jatos de água com pressão controlada para não danificar as formas. Outra forma de realizar a retirada do concreto e desmoldantes que ficam fixados na superfície do painel, é utilizando espátula com água corrente e escovas, quando finalizada a limpeza, aplica-se novamente o desmoldante na superfície.

Devido à grande variedade dos tipos de materiais que compõem as fôrmas, o desmoldante deve ser escolhido de acordo com a superfície de aplicação, a indicação do fabricante das fôrmas é de grande valia para que haja eficiência na desforma e conseqüentemente na qualidade do acabamento das paredes (VENTURINI, 2011). A Figura 16 mostra a limpeza dos painéis das fôrmas com a utilização de espátula.

Figura 16 - Limpeza das Formas



Fonte: Venturini, 2011.

### 2.6.7 Cura

Segundo a norma brasileira NBR 12645:1992 - Execução de paredes em concreto celular espumoso moldadas no local, a cura do concreto deve ser iniciada logo após a desforma, para que o concreto não perca umidade de forma prematura. E a NBR 16055:2012 completa dizendo que quanto antes for feita a cura, menor a probabilidade de aparecer as fissuras superficiais, já que a área de concreto exposta é muito extensa.

Os dois principais métodos de cura do concreto neste tipo de aplicação se dão por: cura por molhagem e cura por membrana (películas impermeáveis/agentes de cura).

### 2.6.8 Acabamentos

Depois que é feita toda a desmontagem dos painéis, a paredes devem passar por uma vistoria onde será analisado as falhas ou eventuais defeitos, algumas dessas patologias tem ações para resolver o problema. Nas falhas decorrentes do processo de concretagem é aplicado graute, nos furos que ficam por conta dos pinos de travamento das formas, se aplica argamassa constituída apenas de cimento e areia, e nas juntas dos painéis as rebarbas devem ser retiradas com o auxílio de espátulas. Outro problema bastante comum é a formação de pequenos sinais de bolhas decorrentes da infiltração de ar ocasionando uma superfície porosa à parede. Essa falha pode ser corrigida por meio da feltragame (MISSURELI, MASSUDA, 2009).

Uma das maiores vantagens de acabamento no tipo de construção parede de concreto é a eliminação de chapisco e reboco. Não há nenhuma restrição a qual acabamento se utilizar, a única recomendação é que todo e qualquer tipo de revestimento a ser feito nas paredes devem respeitar o tempo de cura total do concreto, evitando futuras patologias. A Figura 17 a seguir representa o refinamento do acabamento das paredes.

Figura 17 - Acabamento das Paredes



Fonte: Usimak, 2012.

## 2.7 DESEMPENHO

### 2.7.1 Segurança contra Incêndio

Através de resultados de ensaios realizados, a estrutura de parede de concreto é composta por materiais incombustíveis, ou seja, com pouca proliferação de fogo, os materiais usados para acabamento também tem propriedades adequadas para enfrentar situações de fumaça ou propagação de fogo. Podendo garantir o tempo mínimo de 30 minutos de estabilidade em caso de emergência, conforme pede a norma para edifícios de até cinco pavimentos (SILVA, 2011).

### 2.7.2 Estanqueidade

Quando se trata de estanqueidade deve-se ter uma atenção tanto na parte interna quando na externa da edificação. Nos ambientes internos a atenção está mais voltada para as áreas molhadas (cozinha, área de serviço, banheiros) obtendo o desempenho correto com a aplicação de bons produtos de impermeabilização, revestidos sempre por placas cerâmicas. Quando se trata de ambientes externos que estão sujeitos a intempéries (chuva, vento, sol), é importante uma boa vedação nas esquadrias e uma pintura com textura para aumentar a resistência de estanqueidade nessas áreas (SILVA, 2011).

### 2.7.3 Desempenho Térmico

Para atender as exigências de desempenho térmico, deve-se lembrar que o resultado é reflexo de uma combinação entre o comportamento da fachada, piso e cobertura. Fatores regionais e características bioclimáticas precisam ser analisados e levados em consideração para se obter um resultado satisfatório (WENDLER, 2009).

Para a avaliação técnica, admite-se que as edificações com paredes estruturais de concreto armado no âmbito habitacional e com determinadas características atendem ao nível mínimo exigido, referente ao desempenho térmico. As características são:

- Pé direito mínimo de 2,5m, de piso a teto;
- Espessura mínima das paredes de 10cm;
- Espessura mínima das lajes de 10cm (de forro e de piso);
- Telhado de telhas de fibrocimento (espessura mínima de 6,0mm), ou telhas de concreto (espessura mínima de 11mm) ou telhas cerâmicas;
- Presença de ático entre a laje horizontal e o telhado (altura mínima de 50cm);
- Faces externas das paredes externas em cores de tonalidades médias ou claras para as zonas bioclimáticas Z1 a Z7 e tonalidades claras para a zona bioclimática Z8.

A Figura 18 demonstra os critérios:

Figura 18 - Funcionamento da ventilação da edificação

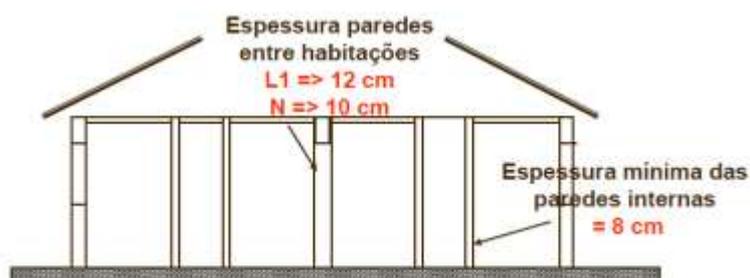


Fonte: Wendler, 2009.

## 2.7.4 Desempenho Acústico

A NBR 16055:2012, considera para efeito de avaliação técnica, que as lajes de concreto armado destinadas a unidades habitacionais, com emprego de concreto comum e espessura de 10 cm atendem ao critério relativo ao desempenho acústico e a isolamento de ruídos aéreos entre unidades habitacionais, como ilustrado na Figura 19.

Figura 19 - Esquema de desempenho Acústico

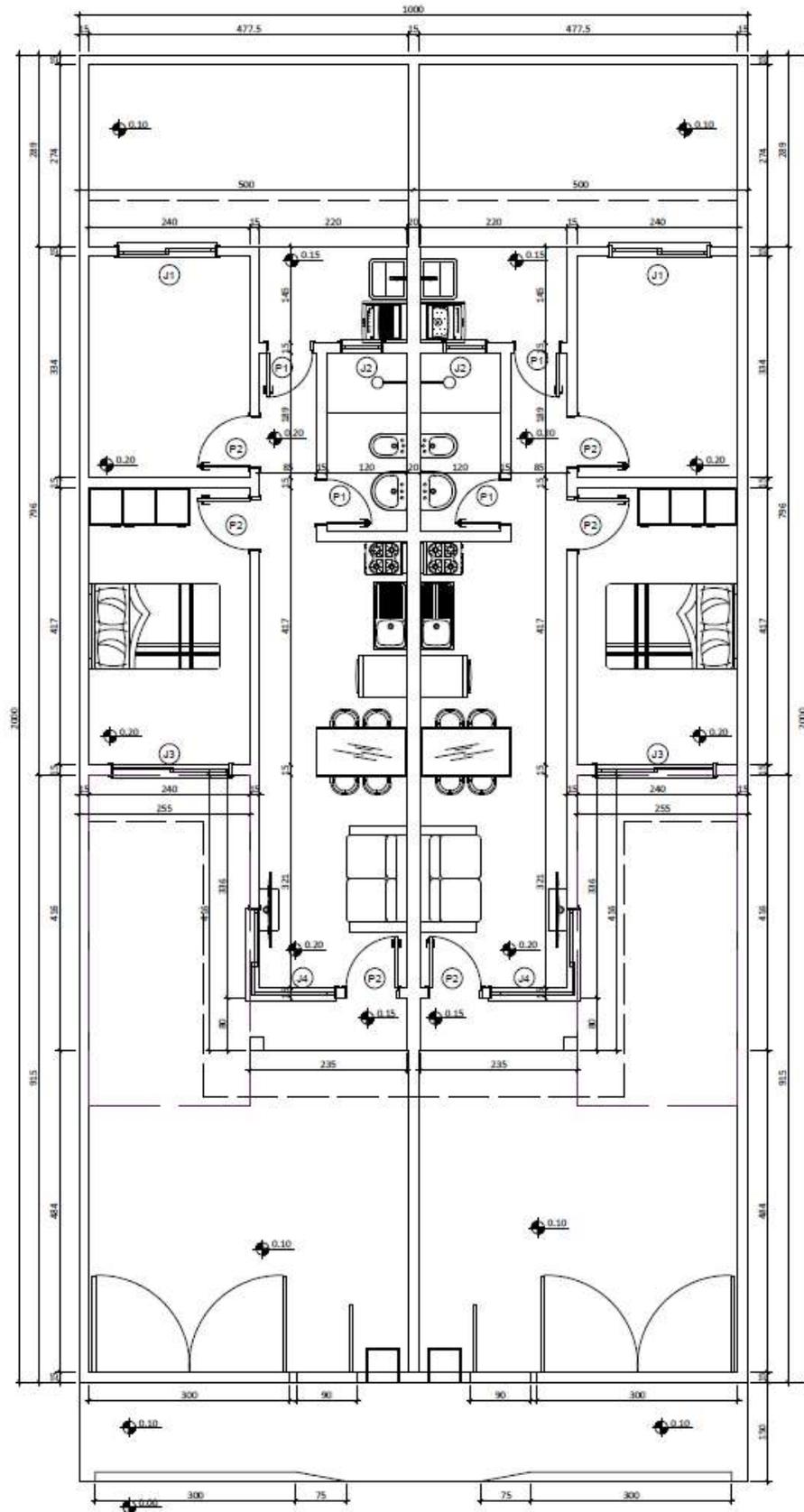


Fonte: Wendler, 2009.

## 2.8 APRESENTAÇÃO DE PROJETO MODELO

O projeto pensado e desenvolvido para a análise deste trabalho, se caracteriza por uma edificação multifamiliar de dois dormitórios, sala e cozinha conjugados, uma lavanderia coberta e uma vaga de garagem descoberta para cada unidade. Num terreno com medida de 10x20m, tendo como área total de 100m<sup>2</sup>, como mostra planta baixa, cortes e vistas, apresentadas na Figura 20.

Figura 20 - Planta Baixa Projeto Modelo.



Fonte: Autor, 2019.

### 3 ANÁLISE ESTRUTURAL DO PROJETO MODELO

Esse capítulo tem como principal foco a norma de parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e Procedimentos NBR 16055:2012, onde orienta e direciona para os requisitos básicos da elaboração do projeto e a execução das construções em paredes de concreto moldadas no local. Constitui as disposições de cálculo considerando a estrutura em paredes de concreto submetidas à carga axial, com ou sem flexão, concretadas com todos os elementos que farão parte da construção final, tais como instalações elétricas e hidráulicas, armaduras distribuídas e também os detalhes de fachada.

A estrutura de parede de concreto deve ser projetada de modo que resista todas as ações, para que não produza efeito significativo na sua construção e também na sua durabilidade. Segundo a NBR 16055:2012, o projeto de uma estrutura em paredes de concreto deve ser elaborado adotando-se um sistema estrutural adequado à função desejada para a edificação, combinação de ações compatíveis e representativas, dimensionamento e verificação de todos os elementos estruturais presentes, visando sempre as especificações dos materiais e sua compatibilidade com os dimensionamentos efetuados.

Segundo a NBR 6118:2014 a agressividade do meio ambiente está diretamente ligada às ações físicas e químicas que atuam sobre as estruturas de concreto, nos projetos das estruturas, a agressividade ambiental deve ser classificada de acordo com o apresentado na Tabela 3 e pode ser avaliada segundo as condições de exposição da estrutura ou de suas partes.

Tabela 3 - Classe de agressividade ambiental

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana <sup>1), 2)</sup>	Pequeno
III	Forte	Marinha <sup>1), 2)</sup>	Grande
		Industrial <sup>1), 2)</sup>	
IV	Muito forte	Industrial <sup>1), 2)</sup>	Elevado
		Respingos de maré	
<sup>1)</sup> Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura). <sup>2)</sup> Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente. <sup>3)</sup> Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústria de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.			

Fonte: NBR 6118, 2014.

No cálculo dos esforços solicitantes no projeto de paredes de concreto, todas as ações devem ser consideradas no dimensionamento. As ações a considerar podem ser permanentes, variáveis, excepcionais ou as que possam produzir efeitos significativos para a segurança da estrutura, levando-se em conta os possíveis estados limites, de acordo com a NBR 8681:2003.

### 3.1 CARGAS PROVENIENTE DAS LAJES

As cargas atuantes nas lajes de uma edificação de parede de concreto são divididas em permanentes e variáveis. As cargas permanentes tratam do:

- Peso próprio: onde é calculado 1m<sup>2</sup> de laje com espessura de 0,10m e peso específico do concreto armado, obtendo assim 2,5 KN/m<sup>2</sup>.
- Contra piso
- Revestimento ou piso.

As cargas variáveis são as sobrecargas que a edificação acaba sofrendo no decorrer do processo de fabricação, onde para edifícios residenciais variam de 1,5 a 2,0 kN/m<sup>2</sup>. Toda sobrecarga que é gerada sob as lajes acabam sendo descarregadas nas paredes de concreto que

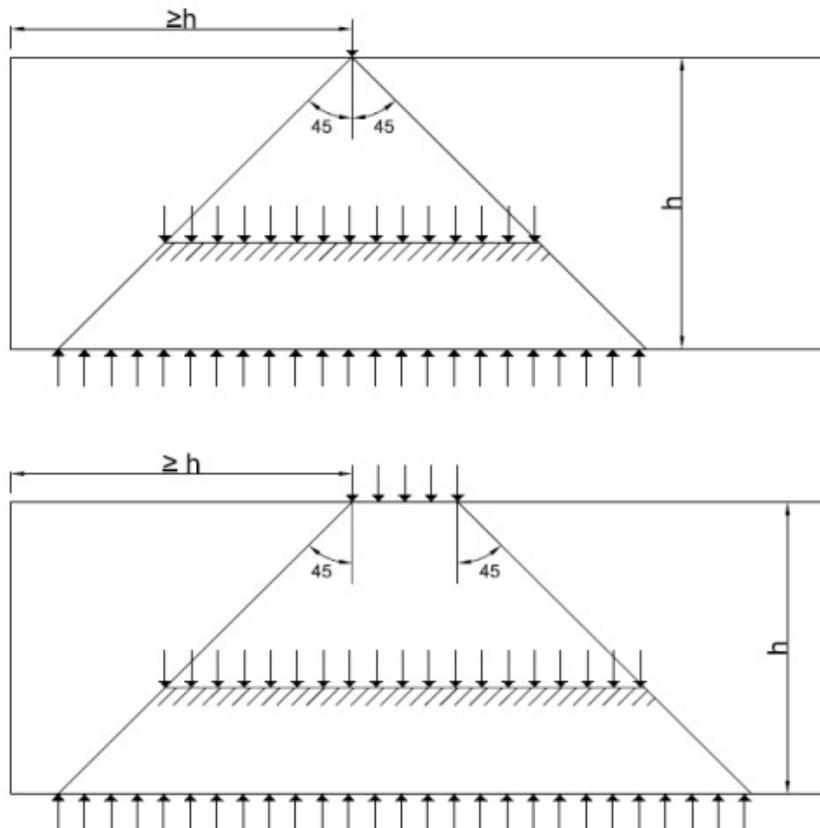
lhes servem de apoio. A norma NBR 16055:2012 descreve que um edifício de paredes de concreto não se utilize de lajes pré-moldadas, recomenda-se que as lajes sejam construídas solidárias as paredes para que trabalhem como diafragmas rígidos, quando solicitadas por ações.

### 3.2 PESO PRÓPRIO DAS PAREDES

O peso próprio das paredes é calculado a cada um metro linear da parede da edificação, logo é usado a seguinte fórmula  $p = \gamma \cdot e \cdot h$ , onde  $\gamma$  é o peso específico do concreto,  $e$  é a espessura da parede e  $h$  é a altura da parede.

Conforme a NBR 16055:2012 nas paredes estruturais, quando se aplica uma carga concentrada ou parcialmente distribuída pode ser suposta repartida uniformemente em seções horizontais limitadas por um dos planos inclinados a  $45^\circ$  sobre a vertical e passando pelo ponto de aplicação de carga ou pelas extremidades da faixa de aplicação. Deve-se verificar a interferência entre cargas próximas conforme a Figura 21.

Figura 21 - Cargas concentradas ou parcialmente distribuídas



Fonte: NBR 16055, 2012.

### 3.3 PAREDES ISOLADAS

Tratando do procedimento de paredes isoladas, leva-se em conta que as mesmas são consideradas independentemente do restante da estrutura.

“Neste procedimento trata-se de considerar cada parede como um elemento independente, não interagindo com os demais elementos da estrutura. É um procedimento simples e rápido. Para encontrar a carga numa parede, num determinado nível, basta somar todas as cargas atuantes nessa parede nos pavimentos que estão acima do nível considerado.” (CORREA; RAMALHO, 2003).

### 3.4 GRUPOS ISOLADOS DE PAREDES

Referindo-se ao grupo isolado de paredes, estuda-se o conjunto como um todo, dividindo as paredes apenas pelas suas aberturas.

“Um grupo é um conjunto de paredes que são supostas totalmente solidárias. Geralmente, os limites dos grupos são as aberturas, portas e janelas. Neste procedimento consideram-se as cargas totalmente uniformizadas em cada grupo de paredes considerado. Isso significa que as forças de interação em canto e bordas são consideradas suficientes para garantir um espalhamento e uma uniformização total em uma pequena altura. Por outro lado, desconsideram-se as forças de interação nas aberturas, limites dos grupos. Dessa forma, cada grupo definido trabalhará isolado dos demais.” (CORREA; RAMALHO, 2003).

### 3.5 RESISTÊNCIAS

Quando se trata de estruturas de paredes de concreto, as mesmas podem apresentar retrações por conta da alta rigidez da estrutura, logo o material pode se tornar frágil. Tendo em vista essa propriedade, deve-se limitar a resistência característica à compressão do concreto ( $f_{ck}$ ) a 40MPa, conforme a norma NBR 16055:2012. A espessura mínima das paredes com altura de até 3m deve ser de 10 cm, podendo-se utilizar espessura de 8 cm nas paredes internas de edificações de até dois pavimentos. Para paredes com alturas maiores, a espessura mínima deve ser de  $l_e/30$  da altura da parede.

### 3.5.1 Juntas de Dilatação

Para precaver as fissuras, deve ser estudada a necessidade da instalação de juntas verticais e horizontais. Conforme a norma NBR 16055:2012, para paredes de concreto contidas em um único plano e na ausência de uma avaliação precisa das condições específicas da parede, devem ser dispostas juntas verticais de controle. Ensaios específicos a respeito das juntas determinam o espaçamento máximo das mesmas. Na falta desses ensaios, adotar o distanciamento máximo de 8m entre juntas para paredes internas e 6m para paredes externas. As juntas podem ser passantes ou não passantes, pré formadas ou serradas.

### 3.5.2 Seção do aço

De acordo com a norma NBR 16055:2012, a seção de aço das armaduras verticais, com aço CA-60 para paredes de concreto devem ser no mínimo 0,09% da seção do concreto. Para construções de até dois pavimentos permite-se a utilização de armadura mínima equivalente a 66% deste valor. Quando se trata de armaduras horizontais, a seção mínima de aço deve corresponder a no mínimo 0,15% da seção de concreto. Para se fazer a emenda das armaduras, o transpasse deve ser de no mínimo 3 vezes a espessura da parede ou a sobreposição de duas malhas da armação de tela.

A fórmula a ser utilizada neste caso é:

$$As, horizontal = L * e * 0,15\% = Ash$$

$$As, vertical = L * e * 0,09\% = Asv$$

Onde:

L é considerado 1m de parede

e é a espessura da parede que está sendo utilizada na edificação

Ash é a resultante de cálculo para a área de aço a ser utilizada a cada metro de parede no sentido horizontal

Asv é a resultante de cálculo para a área de aço a ser utilizada a cada metro de parede no sentido vertical.

### 3.6 CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

As paredes devem ser construídas com a concretagem total das armaduras de ligação, constituindo ligação parede com parede e também parede com laje, ou seja, em todas as suas bordas. As paredes devem ter extremidades com travamento de no mínimo de três vezes a espessura da parede. Qualquer elemento pré-moldado (lajes, escadas e outros) não pode invadir a seção da parede e deve ser consolidado com esta, com a finalidade de preservar o efeito de diafragma rígido e garantir a continuidade das paredes.

### 3.7 RESISTÊNCIA DE CÁLCULO DE COMPRESSÃO

A resistência de cálculo de compressão, onde atuam ventos de pressão máxima de 1 KN/m<sup>2</sup>, nas paredes de concreto, deve ser determinada conforme a norma NBR 16055:2012, dada na equação a seguir:

$$N_{d, resistente} = \frac{(0,85 * F_{cd} + \rho * F_{scd}) * t}{K_1 [1 + 3K_2 * (2 - K_2)]} \leq \frac{(0,85 * F_{cd} + \rho * F_{scd}) * t}{1,643}$$

Onde:

$N_{d, resistente}$  é a normal resistente de cálculo por unidade de comprimento admitida no plano médio da parede;

$F_{cd}$  é o valor de cálculo da resistência do concreto,  $f_{cd} = f_{ck}/1,4$ ;

$F_{scd} = E_s * 0,002/1,15$  considerando a compatibilização da deformação no aço com a do concreto adjacente;

$\rho$  é a taxa geométrica da armadura vertical da parede, não maior que 1%;

$t$  a espessura da parede;

$K_1$  e  $K_2$  determinado a partir da esbeltez  $\lambda$ .

Para  $\lambda$  entre  $35 \leq \lambda \leq 86$  utilizar o valor de  $k_1 = \lambda/35$  e  $K_2 = 0$  e para o valor de  $\lambda$  entre  $86 < \lambda \leq 120$  utilizar o valor de  $K_1 = \lambda/35$  e  $K_2 = (\lambda - 86)/35$ .

### 3.8 DIMENSIONAMENTO PILAR PAREDE

Em determinadas circunstâncias, durante o dimensionamento das paredes de concreto pode-se encontrar paredes com tamanhos encurtados ( $1/8$  da espessura) ou não ser possível fazer o travamento. Quando a parede for menor do que  $1/8$  da espessura ela precisará ser considerada parede-pilar e calculada conforme item 24.6.1 da norma NBR 6118:2014.

### 3.9 DIMENSIONAMENTO DAS LAJES

O dimensionamento das lajes deve ser conforme a NBR 6118:2014, podendo ser utilizadas telas soldadas como armadura negativa e positiva.

## 4 PROJETO ESTRUTURAL DO PROJETO MODELO

O projeto estrutural da parede de concreto se dá através da distribuição de cargas, verificação de resistência de cálculo de compressão, dimensionamento das armaduras das paredes, dimensionamento das armaduras das lajes e armaduras de reforço nas aberturas. Para o método convencional, empregou-se software Eberick para obtenção do projeto estrutural da fundação, pilares e vigas.

### 4.1 DISTRIBUIÇÃO DE CARGAS VERTICAIS

A análise parte do projeto modelo utilizado para a comparação dos projetos. O dimensionamento é realizado pelo método de paredes isoladas.

Tabela 4 abaixo demonstra a seqüência do cálculo para a obtenção da carga total de cada parede.

Para o cálculo das ações verticais é considerado:

- Peso próprio: 2,5 KN/m<sup>2</sup>
- Sobrecarga: 1,5 KN/m<sup>2</sup>

Tabela 4 - Comprimento e carregamento das paredes

CARGAS NAS PAREDES										
Parede	Comp. (m)	P.P (tf/m)	Área da laje	P lajes (tf)	Lintéis	P Lintel (tf)	P parede (tf)	P parede (tf/m)	Tensão Normal (tf/m <sup>2</sup> )	Tensão Normal (MPa)
P1	0,5	0,35	A1	0,132	LH01	0,497	0,979	1,958	19,580	1,958
P2	0,5	0,35	A1	0,132	LH01	0,497	0,979	1,958	19,580	1,958
P3	0,075	0,0525	A11 e A14	0,022	LV03	0,165	0,239	3,193	31,926	3,193
P4	0,72	0,504	A11 e A14 e A18	0,234	LV03 e LH02	0,371	1,109	1,541	15,409	1,541
P5	0,1	0,07	A11 e A18	0,033	LH02	0,206	0,310	3,096	30,960	3,096
P6	2,5	1,75	A4 e A5	1,132	-----	-----	2,882	1,153	11,527	1,153
P7	1,35	0,945	A21 e A23	0,506	-----	-----	1,451	1,075	10,746	1,075
P8	0,4	0,28	A8	0,105	LH03	0,597	0,982	2,454	24,543	2,454
P9	0,3	0,21	A8	0,079	LH03	0,597	0,885	2,951	29,514	2,951
P10	0,085	0,0595	A26	0,020	LH05 e LV06	0,483	0,563	6,622	66,219	6,622
P11	0,1	0,07	A26	0,024	LV06	0,165	0,258	2,585	25,846	2,585
P12	4,27	2,989	A6	1,570	-----	-----	4,559	1,068	10,677	1,068
P13	3,61	2,527	A2	1,213	-----	-----	3,740	1,036	10,360	1,036
P14	2,72	1,904	A24	1,099	LH04	0,563	3,566	1,311	13,109	1,311
P15	3,32	2,324	A7 e A24	2,562	LV04	0,283	5,169	1,557	15,569	1,557
P16	0,12	0,084	A7 e A15	0,064	LV04	0,283	0,431	3,591	35,914	3,591
P17	0,12	0,084	A3 e A15	0,076	LV02	0,322	0,482	4,017	40,169	4,017
P18	2,56	1,792	A3 e A9 e A15	1,606	LV02	0,322	3,720	1,453	14,532	1,453
P19	2,75	1,925	A16 e A19	1,028	LV05	0,192	3,145	1,144	11,437	1,144
P20	7,73	5,411	A25 e A27	6,246	-----	-----	11,657	1,508	15,080	1,508
P21	2,75	1,925	A20 e A22	1,149	-----	-----	3,074	1,118	11,177	1,118
P22	1,35	0,945	A12 e A13	0,371	-----	-----	1,316	0,975	9,748	0,975

Fonte: Autor, 2019.

Conforme a Tabela 4, a tensão atuante máxima ocorrerá no parede 10. Este valor não deve superar a tensão resistente de cálculo.

$$\sigma_{v,m\acute{a}x} = 662,19 \text{ KN/m}^2$$

A verificação da resistência de cálculo sob normal de compressão deve ser feita para a parede mais carregada.

- $F_{ck} = 25 \text{ MPA}$
- $F_{cd} = 25/1,4 = 17,86 \text{ MPA}$
- $F_{scd} = 210000 * 0,002/1,15 = 365 \text{ MPA}$
- $\rho = 0,15\% = 0,0015$
- $t = 0,1 \text{ m}$
- $H = 2,80 \text{ m}$
- Esbeltez  $\lambda = H * \sqrt{12}/t = 2,8 * 3,46/0,1 = 96,88$
- $K_1 = \lambda/35 = 96,88/35 = 2,77$
- $K_2 = (\lambda - 86)/35 = (96,88 - 86)/35 = 0,31$

$$N_{d,resistente} = \frac{(0,85 * F_{cd} + \rho * F_{scd}) * t}{K_1 [1 + 3K_2 * (2 - K_2)]} \leq \frac{(0,85 * F_{cd} + \rho * F_{scd}) * t}{1,643}$$

$$N_{d,resistente} = \frac{(0,85 * 17,86 + 0,0015 * 365) * 0,1}{2,77 [1 + 3 * 0,31 * (2 - 0,31)]}$$

$$\leq \frac{(0,85 * 17,86 + 0,0015 * 365) * 0,1}{1,643}$$

$$N_{d,resistente} = 220,8 \frac{\text{KN}}{\text{m}} \leq 957,4 \text{ KN/m}$$

Logo, resistência de cálculo está OK!

A parede mais carregada da edificação deve ser menor do que a resistência de cálculo sob normal de compressão. Logo temos que:

$$N_{d,resistente} = 220,8 \text{ KN/m}$$

$$N_{d,resistente} = 220,8 \frac{\text{KN}}{\text{m}} \geq 66,22 \frac{\text{KN}}{\text{m}} * 1,4 = 92,71 \text{ KN/m}$$

A resistência de cálculo está de acordo. As cargas verticais provocam uma força normal de compressão menor do que a resistência de cálculo.

#### 4.2 DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA DAS PAREDES

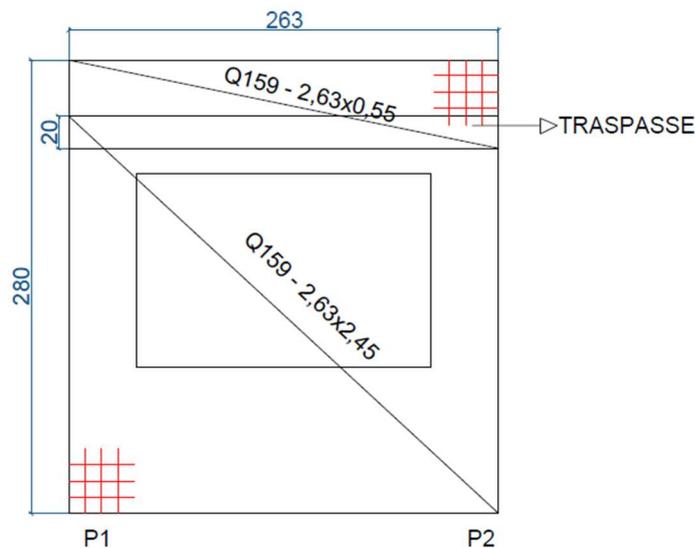
A armadura das paredes foram dimensionadas conforme os itens 3.6 e 3.8. Quando não há tração nas paredes de concreto deve-se adotar a armadura mínima. As paredes não estão sujeitas a esforços de tração, dessa forma será adotada a armadura mínima conforme o item 3.5.2.

- Dimensionamento das paredes P1 e P2

$$A_{s, horizontal} = 100cm * 10cm * 0,0015 = 1,5cm^2$$

$$A_{s, vertical} = 100cm * 10cm * 0,0009 = 0,9cm^2$$

Figura 22 - Ferragem parede P1 e P2



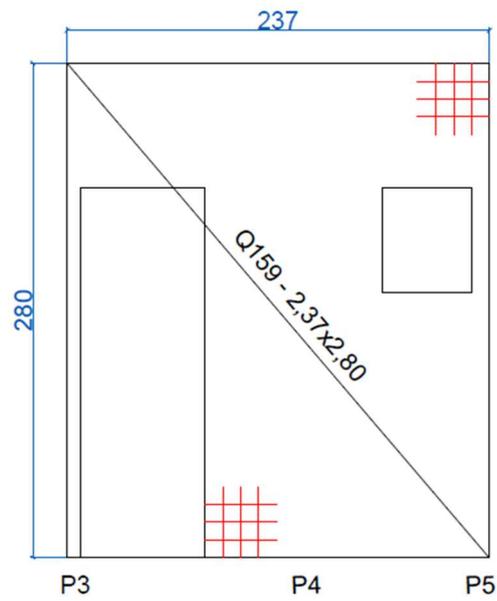
Fonte: Autor, 2019.

- Dimensionamento das paredes P3, P4 e P5

$$A_{s, horizontal} = 100cm * 10cm * 0,0015 = 1,5cm^2$$

$$A_{s, vertical} = 100cm * 10cm * 0,0009 = 0,9cm^2$$

Figura 23 - Ferragem parede P3, P4 e P5



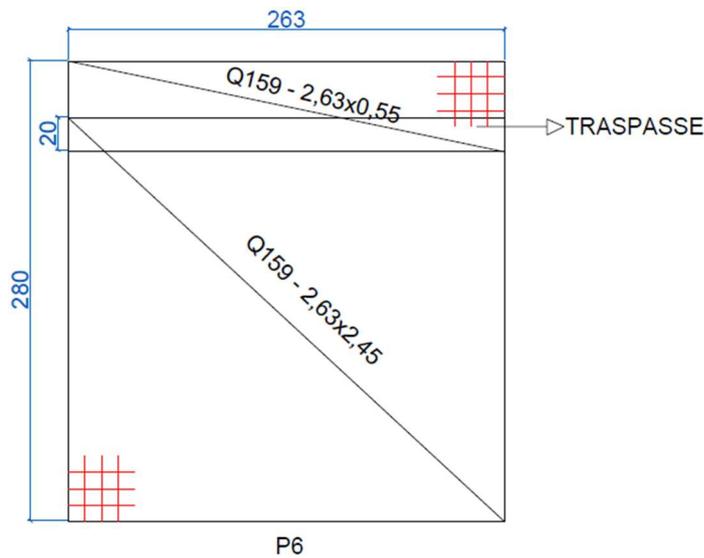
Fonte: Autor, 2019.

- Dimensionamento da parede P6

$$A_{s, horizontal} = 100cm * 10cm * 0,0015 = 1,5cm^2$$

$$A_{s, vertical} = 100cm * 10cm * 0,0009 = 0,9cm^2$$

Figura 24 - Ferragem parede P6



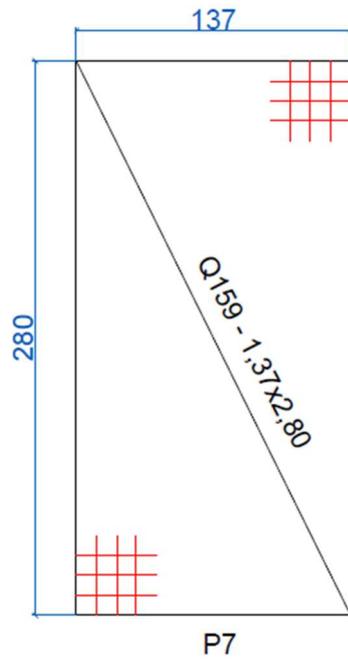
Fonte: Autor, 2019.

- Dimensionamento da parede P7

$$A_{s, horizontal} = 100cm * 10cm * 0,0015 = 1,5cm^2$$

$$A_{s, vertical} = 100cm * 10cm * 0,0009 = 0,9cm^2$$

Figura 25 - Ferragem parede P7



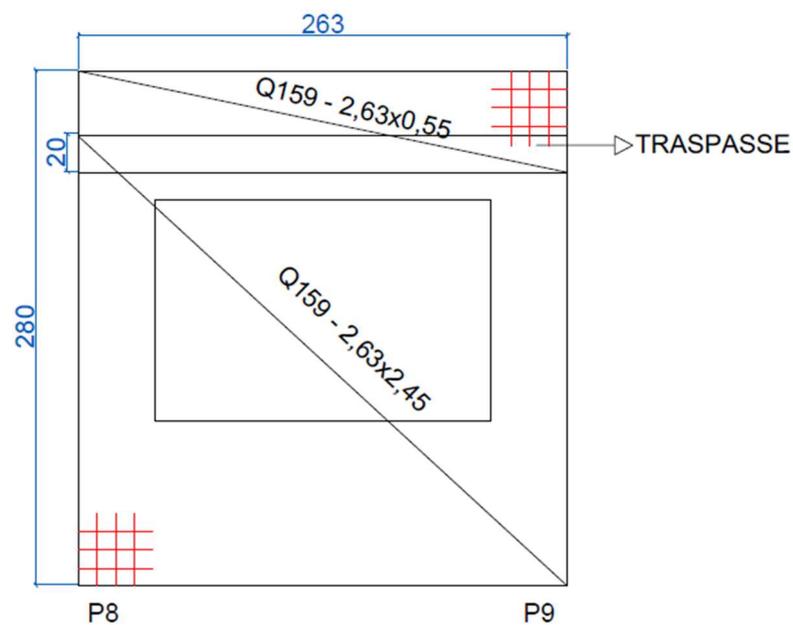
Fonte: Autor, 2019

- Dimensionamento das paredes P8 e P9

$$A_s, \text{horizontal} = 100\text{cm} * 10\text{cm} * 0,0015 = 1,5\text{cm}^2$$

$$A_s, \text{vertical} = 100\text{cm} * 10\text{cm} * 0,0009 = 0,9\text{cm}^2$$

Figura 26 - Ferragem parede P8 e P9



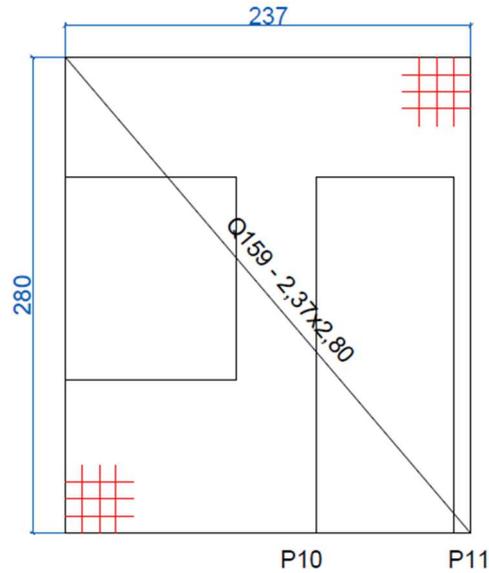
Fonte: Autor, 2019.

- Dimensionamento das paredes P10 e P11

$$A_{s, horizontal} = 100cm * 10cm * 0,0015 = 1,5cm^2$$

$$A_{s, vertical} = 100cm * 10cm * 0,0009 = 0,9cm^2$$

Figura 27 - Ferragem parede P10 e P11



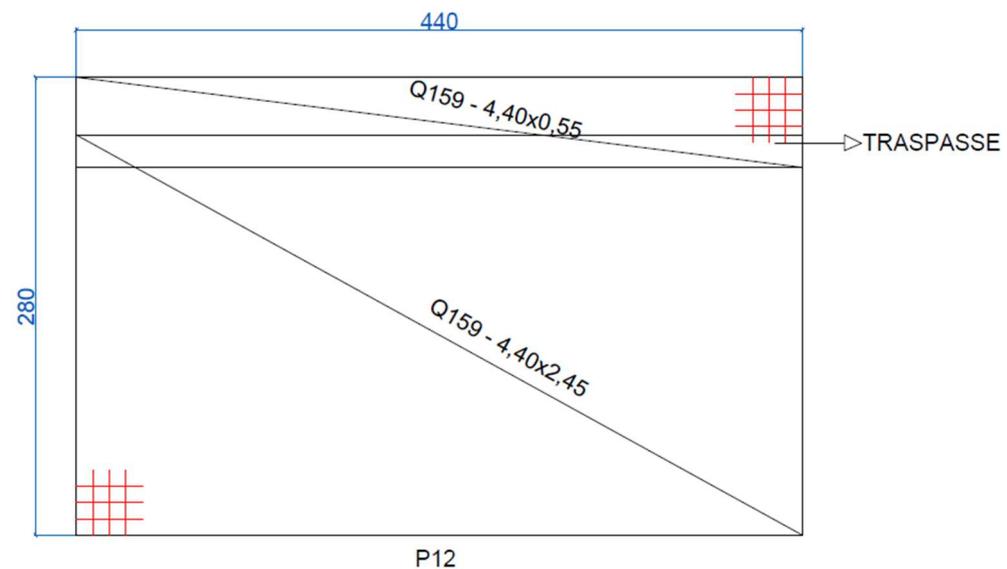
Fonte: Autor, 2019.

- Dimensionamento da parede P12

$$A_{s, horizontal} = 100cm * 10cm * 0,0015 = 1,5cm^2$$

$$A_{s, vertical} = 100cm * 10cm * 0,0009 = 0,9cm^2$$

Figura 28 - Ferragem parede P12



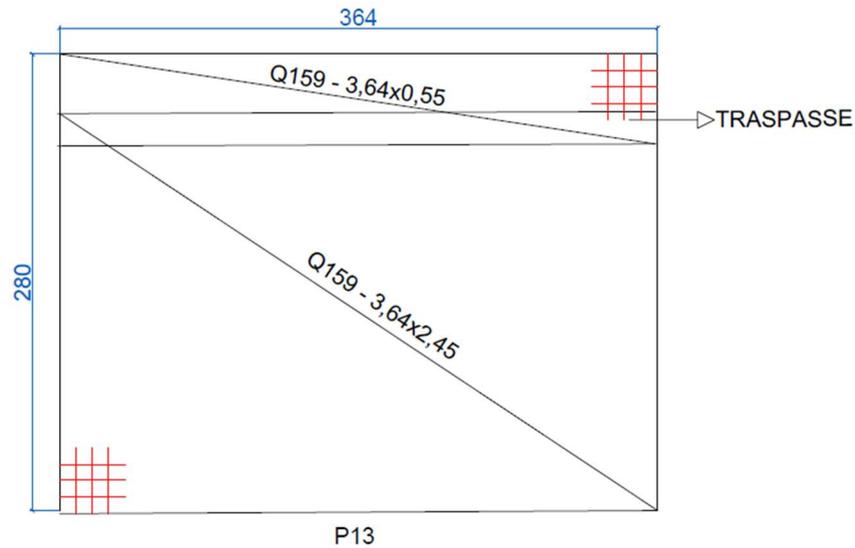
Fonte: Autor, 2019.

- Dimensionamento da parede P13

$$A_{s, horizontal} = 100cm * 10cm * 0,0015 = 1,5cm^2$$

$$A_{s, vertical} = 100cm * 10cm * 0,0009 = 0,9cm^2$$

Figura 29 - Ferragem parede P13



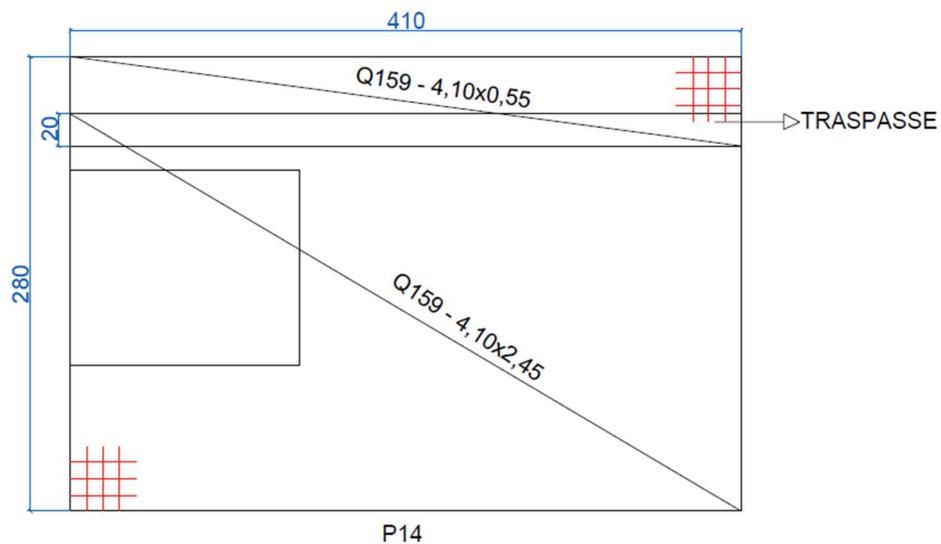
Fonte: Autor, 2019.

- Dimensionamento da parede P14

$$A_{s, horizontal} = 100cm * 10cm * 0,0015 = 1,5cm^2$$

$$A_{s, vertical} = 100cm * 10cm * 0,0009 = 0,9cm^2$$

Figura 30 - Ferragem parede P14



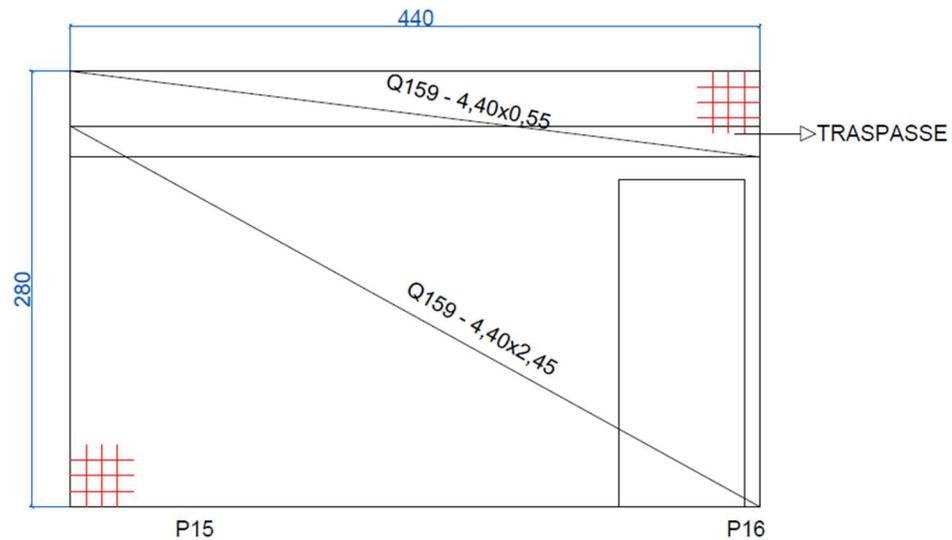
Fonte: Autor, 2019.

- Dimensionamento da parede P15 e P16

$$A_{s, horizontal} = 100cm * 10cm * 0,0015 = 1,5cm^2$$

$$A_{s, vertical} = 100cm * 10cm * 0,0009 = 0,9cm^2$$

Figura 31 -Ferragem parede P15 e P16



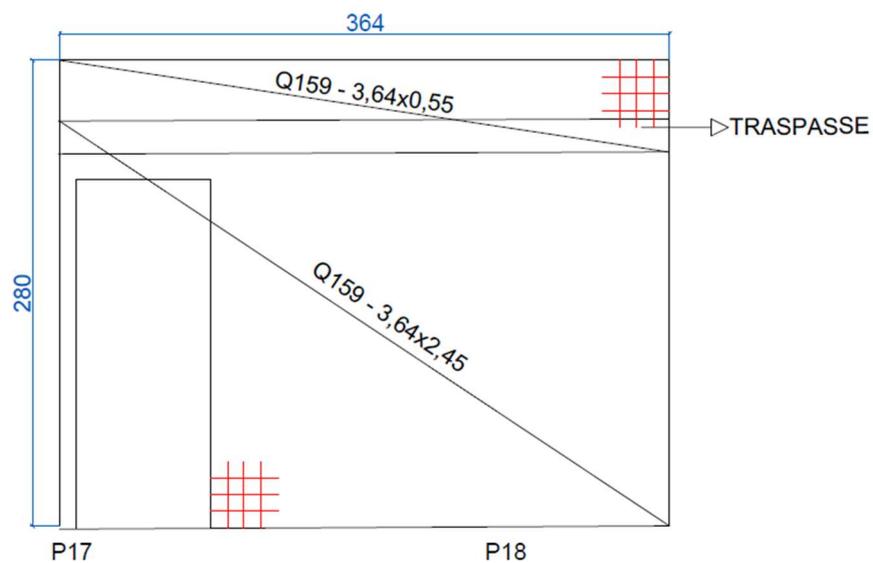
Fonte: Autor, 2019.

- Dimensionamento da parede P17 e P18

$$A_{s, horizontal} = 100cm * 10cm * 0,0015 = 1,5cm^2$$

$$A_{s, vertical} = 100cm * 10cm * 0,0009 = 0,9cm^2$$

Figura 32 - Ferragem parede P17 e P18



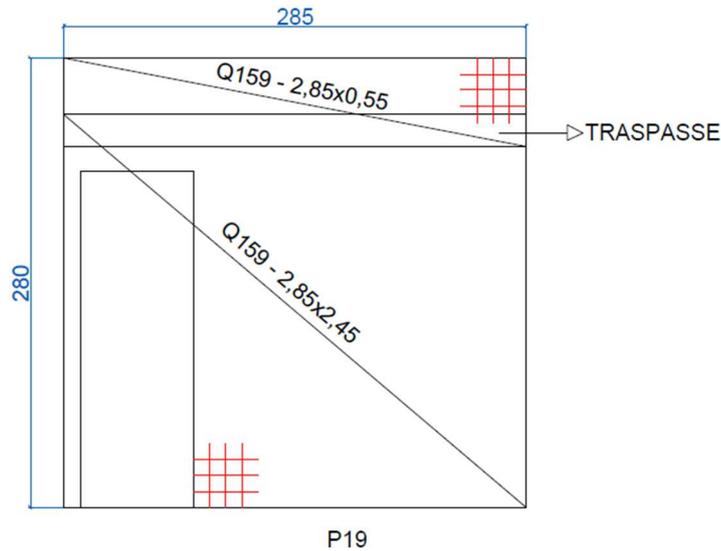
Fonte: Autor, 2019.

- Dimensionamento da parede P19

$$A_{s, horizontal} = 100cm * 10cm * 0,0015 = 1,5cm^2$$

$$A_{s, vertical} = 100cm * 10cm * 0,0009 = 0,9cm^2$$

Figura 33 - Ferragem parede P19



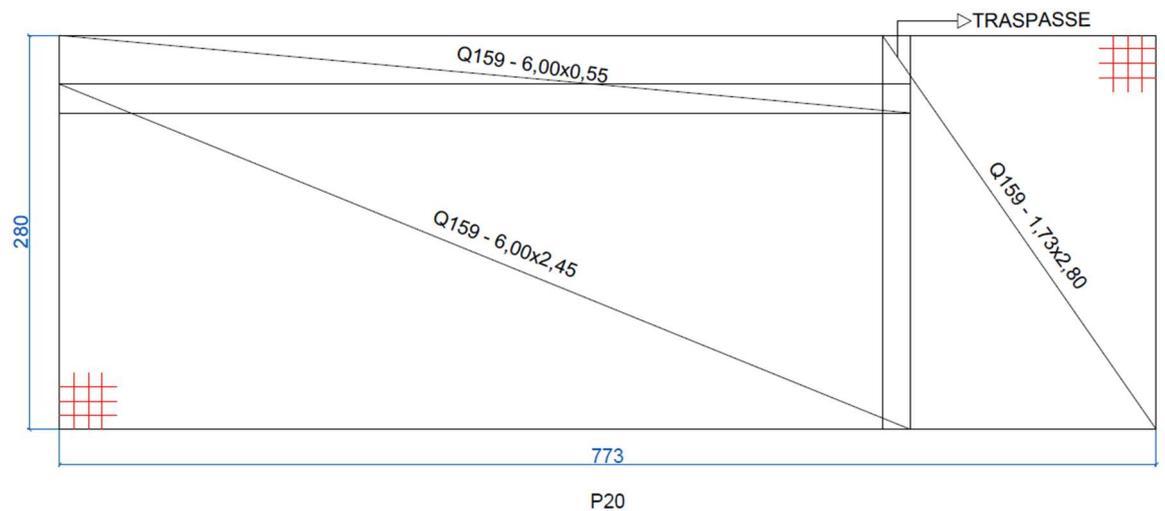
Fonte: Autor, 2019.

- Dimensionamento da parede P20

$$A_{s, horizontal} = 100cm * 10cm * 0,0015 = 1,5cm^2$$

$$A_{s, vertical} = 100cm * 10cm * 0,0009 = 0,9cm^2$$

Figura 34 - Ferragem parede P20



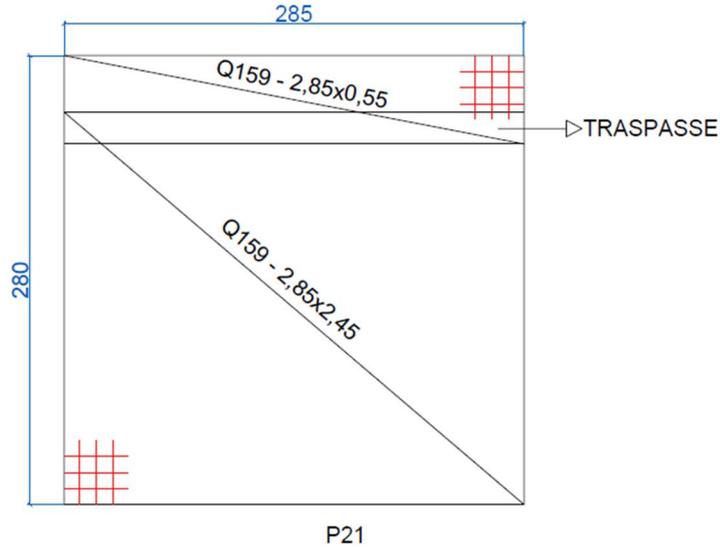
Fonte: Autor, 2019.

- Dimensionamento da parede P21

$$A_{s, horizontal} = 100cm * 10cm * 0,0015 = 1,5cm^2$$

$$A_{s, vertical} = 100cm * 10cm * 0,0009 = 0,9cm^2$$

Figura 35 - Ferragem parede P21



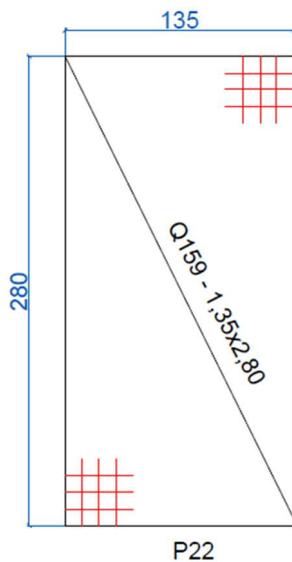
Fonte: Autor, 2019.

- Dimensionamento da parede P22

$$A_{s, horizontal} = 100cm * 10cm * 0,0015 = 1,5cm^2$$

$$A_{s, vertical} = 100cm * 10cm * 0,0009 = 0,9cm^2$$

Figura 36 - Ferragem parede P22



Fonte: Autor, 2019.

#### 4.3 DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA DA LAJE

Para determinar a armadura das lajes foram utilizados os seguintes carregamentos:

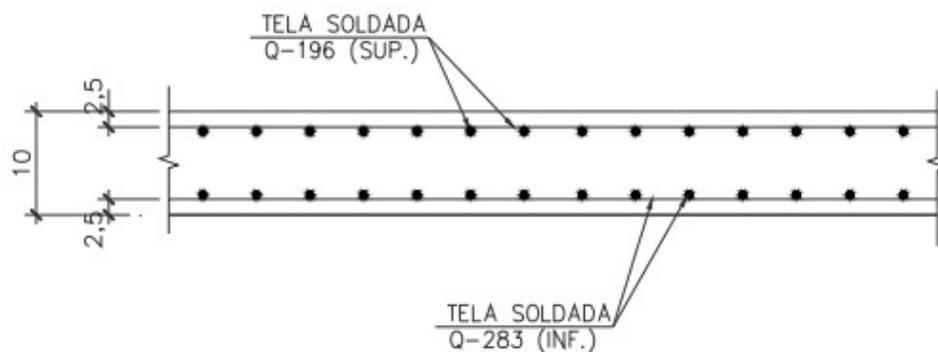
- Peso Próprio =  $25 \text{ kN/m}^3 * 0,1\text{m} = 2,5 \text{ kN/m}^2$ ; (Espessura da laje 10cm)
- Sobrecarga  $1,5\text{kN/m}^2$ .

Para se fazer o cálculo das lajes usou-se como base a NBR 6118:2014. A armadura identificada foi descrita abaixo.

- $A_s$ , Positiva =  $2,8\text{cm}^2$ , logo será adotada a Q283
- $A_s$ , Negativa =  $1,73\text{cm}^2$ , logo será adotada a Q196

A armadura negativa se faz necessária em todo o perímetro da laje, com o intuito de facilitar a execução e considerando as lajes com dimensões pequenas, adotou-se tela como armadura negativa, cobrindo toda a face superior da laje como mostra a Figura 37 abaixo.

Figura 37 - Detalhe em corte da armadura



Fonte: Autor, 2019.

Dimensionamento da laje 02.

- $A_s$ , Positiva =  $2,8\text{cm}^2/\text{m}$ , logo será adotada a Q283
- $A_s$ , Negativa =  $1,73\text{cm}^2/\text{m}$ , logo será adotada a Q196

Dimensionamento da laje 03

- $A_s$ , Positiva =  $2,8\text{cm}^2/\text{m}$ , logo será adotada a Q283

- $A_s$ , Negativa =  $1,73\text{cm}^2/\text{m}$ , logo será adotada a Q196

#### Dimensionamento da laje 04

- $A_s$ , Positiva =  $2,8\text{cm}^2/\text{m}$ , logo será adotada a Q283
- $A_s$ , Negativa =  $1,73\text{cm}^2/\text{m}$ , logo será adotada a Q196

#### Dimensionamento laje 05

- $A_s$ , Positiva =  $2,8\text{cm}^2/\text{m}$ , logo será adotada a Q283
- $A_s$ , Negativa =  $1,73\text{cm}^2/\text{m}$ , logo será adotada a Q196

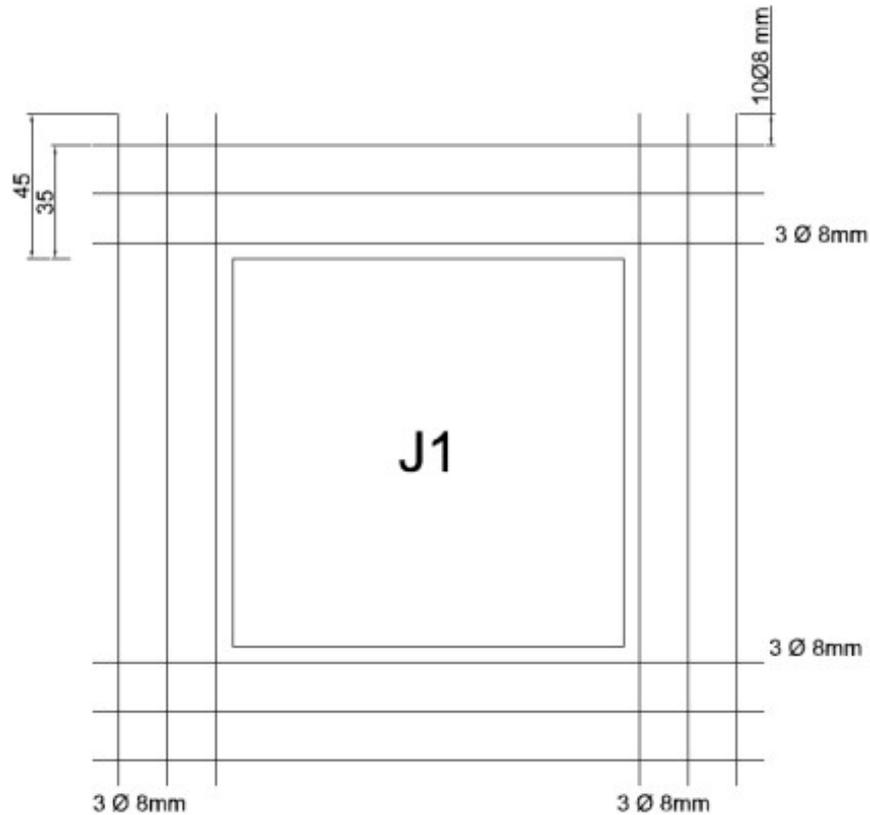
#### Dimensionamento laje 06

- $A_s$ , Positiva =  $2,8\text{cm}^2/\text{m}$ , logo será adotada a Q283
- $A_s$ , Negativa =  $1,73\text{cm}^2/\text{m}$ , logo será adotada a Q196

#### 4.4 ARMADURAS DE REFORÇO NAS ABERTURAS

A armadura utilizada como forma de reforço das aberturas se dispõe na horizontal e também na vertical, essa armadura tem como principal função resistir aos esforços das vergas e equilibrar o desvio da força vertical. O dimensionamento das barras a serem utilizadas nos reforços das aberturas foram calculados conforme a norma NBR 16055:2012. Pelo fato do estudo ser realizado em uma edificação de apenas um pavimento as ações nas aberturas são pequenas, onde não tem acúmulo de esforço dos pavimentos superiores, adotamos armadura de  $3\phi 8,00\text{mm}$  em todas as aberturas.

Figura 38 - Exemplo da distribuição da armadura de reforço

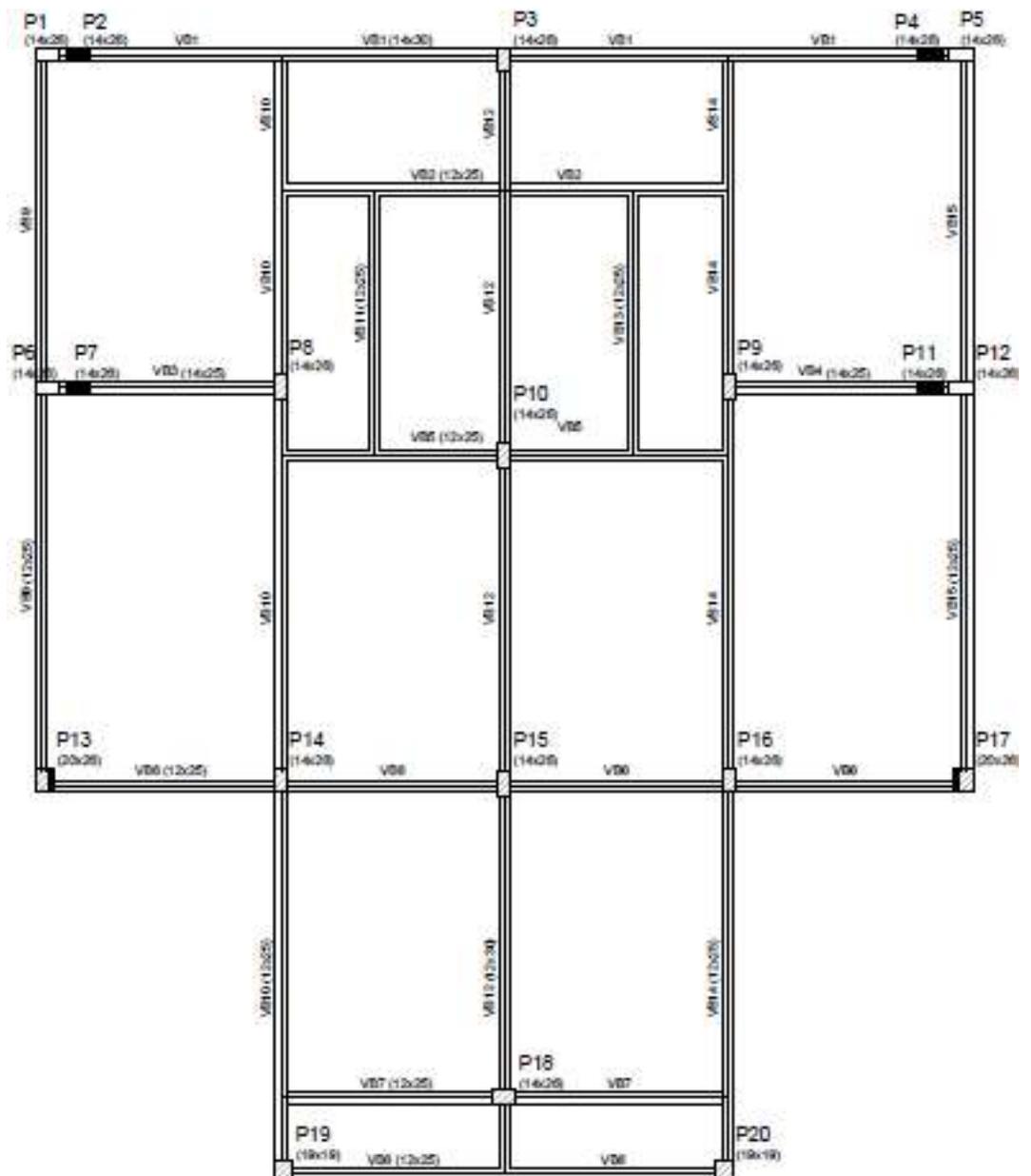


Fonte: Autor, 2019.

#### 4.5 LANÇAMENTO ESTRUTURAL MÉTODO CONVENCIONAL

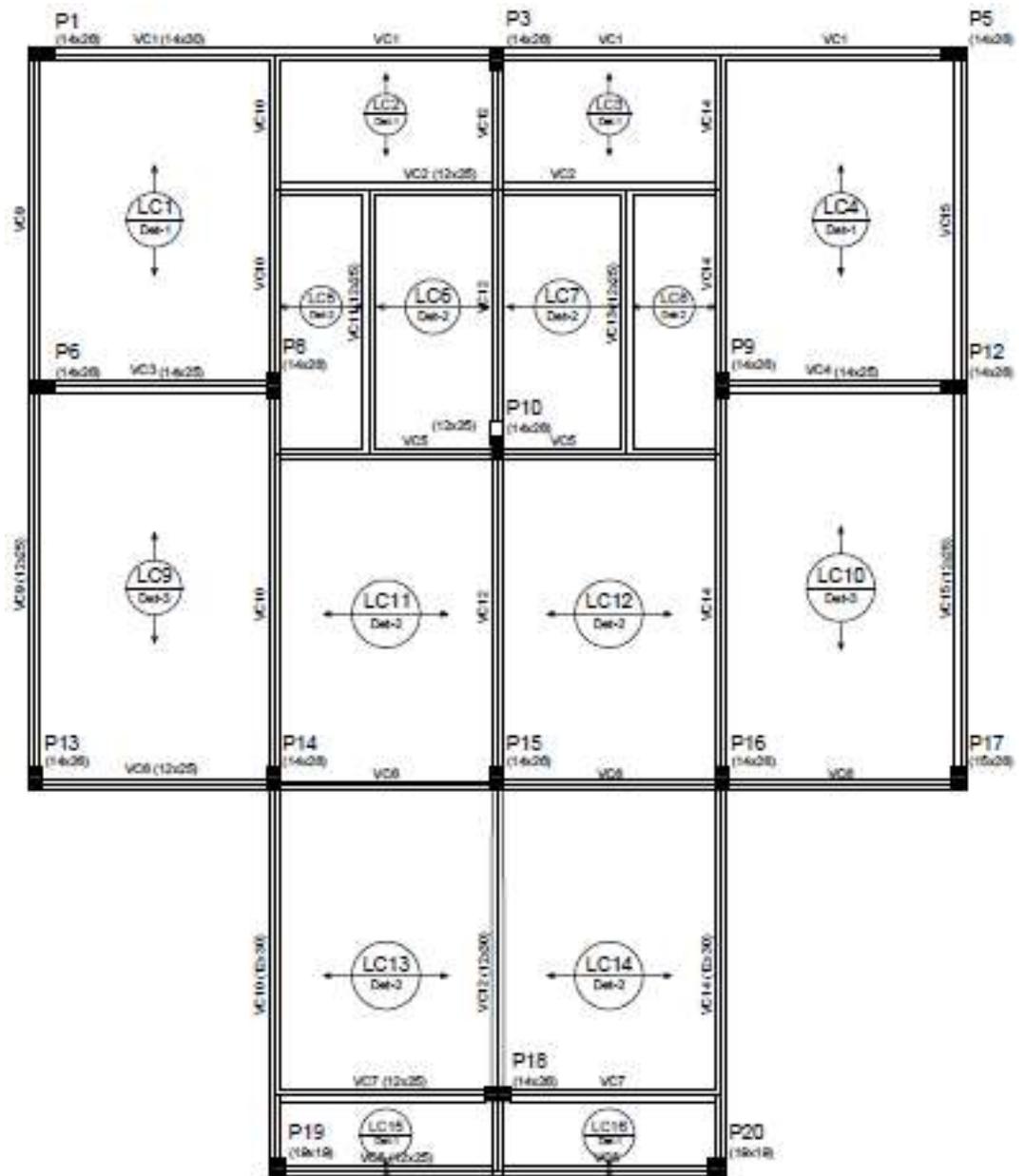
O projeto estrutural para o método convencional elaborou-se com o auxílio do software Eberick. A Figura 39 apresenta a planta de forma do baldrame, seguida da planta de forma do teto do pavimento térreo, expressa na Figura 40.

Figura 39 - Forma do baldrame



Fonte: Autor, 2019.

Figura 40 - Forma do teto do térreo



Fonte: Autor, 2019.

O resumo de materiais obteve-se através do referido software, onde é proporcionando os quantitativos dos materiais a serem usados na edificação convencional, como mostra a Tabela 5.

Tabela 5 - Resumo de Materiais / Ref. Eberick

		Vigas	Pilares	Lajes	Escadas	Fundações	Total
Peso total + 10% (kg)	CA50	502.0	239.2			133.7	874.9
	CA60	183.0	62.6	152.5			398.1
	Total	685.1	301.8	152.5		133.7	1273.0
Volume concreto (m³)	C-25					3.6	3.6
	C-30	6.9	2.6	3.7			13.1
	Total	6.9	2.6	3.7		3.6	16.7
Area de forma (m²)		138.5	55.1			13.6	207.2
Consumo de aço (kgf/m³)		98.9	118.1	41.7		37.3	76.1

Fonte: Autor, 2019.

## 5 COMPARATIVO DE ESTUDO DE CASO

Através dos projetos dos métodos convencional e paredes de concreto realizados, pode-se efetivar o comparativo entre ambos os métodos.

### 5.1 CUSTOS

Realizou-se uma pesquisa de mercado para a composição dos custos com empresas especializadas em cada material consumido, considerando o preço unitário. A empresa Polimix forneceu o custo do concreto, e a empresa Comercial Gerdau o que se refere ao aço. Para as lajes pré moldadas utilizada no método convencional consultou-se a empresa Lajetrel. A empresa Metro Modular apresentou os custos para as formas plásticas. E finalmente, para formas de madeira e escoras, consultou-se a empresa Irmãos Knies Transportes e Cavacos.

Desenvolveram-se as tabelas e gráficos a partir dos preços unitários e quantitativos dos materiais, apresentados nos próximos tópicos.

### 5.2 QUANTITATIVOS PARA O MÉTODO CONVENCIONAL

Para o método convencional, elaborou-se um projeto estrutural com o Software Eberick, fazendo o uso de vigas e pilares convencionais. Apresentam-se no item 4.5 o resumo de materiais utilizado para o quantitativo e custos a serem apresentados a seguir.

#### 5.2.1 Concreto

Em relação ao consumo de concreto, o mesmo encontra-se expresso na Tabela 6, juntamente com seu custo total.

Os valores unitários foram fornecidos pela concreteira Polimix, sendo R\$250,00 para concreto classe C25 e R\$260,00 para concreto classe C30.

Tabela 6 - Custo total do concreto / Ref. Polimix.

Descrição	Quantidade (m³)	Preço Unitário	Preço Total
Concreto fck = 25Mpa	3,60	R\$ 250,00	R\$ 900,00
Concreto fck = 30Mpa	13,10	R\$ 260,00	R\$ 3.406,00
<b>Total</b>	<b>16,70</b>		<b>R\$ 4.306,00</b>

Fonte: Autor, 2019.

O custo total de concreto a ser utilizado é de R\$ 4.306,00.

## 5.2.2 Aço

Os valores referentes a quantidades de aço por diâmetro foram baseados no projeto estrutural, apresentados na Tabela 7, onde adotou-se a referência de preço/kg fornecido pela empresa Gerdau.

Abaixo tem-se o custo total, bem como valores unitários separados por classe, diâmetro e peso total.

Tabela 7 - Custo total do Aço / Ref. Gerdau.

Classe	Diâmetro (mm)	Peso (kg)	Preço/kg	Preço Total
CA -60	5,0	398,1	R\$ 5,67	R\$ 2.233,34
CA - 50	6,3	82,3	R\$ 5,21	R\$ 428,78
CA - 50	8,0	158,0	R\$ 5,21	R\$ 823,18
CA - 50	10,0	404,3	R\$ 5,07	R\$ 2.049,80
CA - 50	12,5	201,1	R\$ 4,83	R\$ 971,31
CA - 50	16,0	29,2	R\$ 4,83	R\$ 141,04
<b>Total</b>		<b>1273,0</b>		<b>R\$ 6.647,45</b>

Fonte: Autor, 2019.

O custo total de aço a ser utilizado é de R\$ 6.647,45.

### 5.2.3 Laje

Conforme projeto estrutural processado pelo software Eberick, a área total de laje com vigota pré-moldada é de 99,98m<sup>2</sup>. No que se refere ao valor da laje com vigota pré-moldada, incluindo a cerâmica de enchimento, fornecido pela empresa Lajetrel é R\$21,00 o metro quadrado, apresentado na Tabela 8, juntamente com a quantidade e seu preço total.

Tabela 8 - Custo total laje / Ref. Lajetrel.

Descrição	Quantidade (m <sup>2</sup> )	Preço Unitário	Preço Total
Vigota pré-moldada + cerâmica	100	R\$ 21,00	R\$ 2.100,00
<b>Total</b>			<b>R\$ 2.100,00</b>

Fonte: Autor, 2019.

O custo total obtido para as lajes pré-moldadas é de R\$ 2.100,00.

### 5.2.4 Formas

Através do resumo de materiais do projeto, obteve-se a quantidade de 207,20m<sup>2</sup> de forma. Como o material é vendido em metro cúbico, considerou-se a espessura de 2,5 centímetros, tendo assim a quantidade de 5,18 m<sup>3</sup>.

O valor unitário de R\$390,00 foi fornecido pela empresa Irmãos Knies. A Tabela 9 apresenta os valores descritos e o preço total.

Tabela 9 - Custo total das formas / Ref. Irmãos Knies.

Descrição	Quantidade (m <sup>3</sup> )	Preço Unitário	Preço Total
Forma	5,18	R\$ 390,00	R\$ 2.020,20
<b>Total</b>			<b>R\$ 2.020,20</b>

Fonte: Autor, 2019.

O custo total para as formas é de R\$ 2.020,00.

### 5.2.5 Escoramento

Para se obter a quantidade necessária de escoras para as lajes, considerou-se uma escora a cada 80 centímetros de vigota pré-moldada. Para as vigas, por metodologia de construção será feita apenas depois de levantar a alvenaria, utilizando as paredes como apoio. A Tabela 10 apresenta os valores obtidos.

O valor unitário de R\$4,20 foi fornecido pela empresa Irmãos Knies.

Tabela 10 - Custo total escoramento / Ref. Irmãos Knies.

Descrição	Quantidade (unidades)	Preço Unitário	Preço Total
Escoras para Lajes	260	R\$ 4,20	R\$ 1.092,00
<b>Total</b>			<b>R\$ 1.092,00</b>

Fonte: Autor, 2019.

O custo total para o escoramento é de R\$ 1.092,00.

### 5.2.6 Fechamento em Alvenaria

Através do projeto modelo, obteve-se o quantitativo em metros quadrados de parede de alvenaria, considerando-se a parede contendo tijolo cerâmico, massa de assentamento, chapisco nas duas faces da parede e reboco nas duas faces da parede.

Tabela 11 - Custo total fechamento em alvenaria

Descrição	Quantidade	Preço Unitário	Preço Total
Tijolo cerâmico 11,5cm	5.000 un	R\$ 0,49	R\$ 2.450,00
Cimento para assentamento, chapisco e reboco	48 sc	R\$ 21,90	R\$ 1.051,20
Areia para assentamento, chapisco e reboco	13 m³	R\$ 80,00	R\$ 1.040,00
<b>Total</b>			<b>R\$ 4.541,20</b>

Fonte: Autor, 2019.

O custo total para a alvenaria do projeto modelo é de R\$ 4.541,20.

### 5.2.7 Mão de obra Especializada

Através do projeto disponibilizado para a empresa VMG Empreiteira, responsável pela execução da mão de obra da edificação, obteve-se a informação de que será necessário um período de 10 semanas para a execução do projeto modelo, com o custo unitário de R\$2.000,00 por semana.

Tabela 12 - Custo total mão de obra.

Descrição	Quantidade (semanas)	Preço Unitário	Preço Total
Mão de obra especializada	10	R\$ 2.000,00	R\$ 20.000,00
<b>Total</b>			<b>R\$ 20.000,00</b>

Fonte: Autor, 2019.

O custo total da mão de obra para uma edificação é de R\$ 20.000,00.

## 5.3 QUANTITATIVOS PARA PAREDE DE CONCRETO

Considerando o estudo de parede de concreto, realizou-se cálculos manuais e também com o auxílio do Excel, conforme os itens 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4. Para tanto, usou-se as mesmas plantas baixas, com o intuito de não ocorrer divergência no levantamento dos materiais, tendo o foco principal na parte estrutural e de fechamento da edificação, sem enfatizar materiais que são de uso comum para ambos os métodos apresentados, tais como: aberturas, cerâmicas, telhas e entre outros.

O resumo dos materiais baseou-se no cálculo realizado nos itens 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4.

### 5.3.1 Concreto

Conforme a Tabela 13, o consumo de concreto, de acordo com o relatório de materiais, apresenta-se juntamente com seu custo total.

Como parâmetro de custo do concreto, adotou-se o mesmo empregado na estrutura convencional, fornecido pela concreteira Polimix, a saber: R\$250,00 para classe C25.

Tabela 13 - Custo total do concreto / Ref. Polimix.

<b>Descrição</b>	<b>Quantidade (m³)</b>	<b>Preço Unitário</b>	<b>Preço Total</b>
Concreto fck = 25Mpa	48,10	R\$ 250,00	R\$ 12.025,00
<b>Total</b>			<b>R\$ 12.025,00</b>

Fonte: Autor, 2019.

O custo total do concreto para a parede de concreto é de R\$ 12.025,00.

### 5.3.2 Aço

De acordo com o projeto estrutural, obtiveram-se os valores referentes a quantidades de aço por classe e diâmetro, expressos na Tabela 14.

Tabela 14 - Custo total do Aço / Ref. Gerdau.

<b>Classe</b>	<b>Diâmetro do fio (mm)</b>	<b>Quantidade (unidade)</b>	<b>Preço (unidade)</b>	<b>Preço Total</b>
Q159 - Tela malha 10x10cm	4,5	20	R\$ 130,00	R\$ 2.600,00
Q 283 - Tela malha 10x10cm	5,0	9	R\$ 237,41	R\$ 2.136,70
Q 196 - Tela malha 10x10cm	6,0	17	R\$ 130,00	R\$ 2.210,00
<b>Total</b>				<b>R\$ 6.946,70</b>

Fonte: Autor, 2019.

O custo total de aço para as paredes de concreto e para a lajes é de R\$ 6.946,70.

### 5.3.3 Forma

As formas a serem utilizadas no método de parede de concreto, foram as da empresa Metro Modular, onde teve como principal foco a locação das mesmas, e não a compra delas.

Foi solicitado um orçamento através da planta baixa da edificação, apresentado na Tabela 15.

Tabela 15 – Custo total das Formas Plásticas / Ref. Metro Modular.

Descrição	Quantidade (m <sup>2</sup> )	Preço Unitário	Preço Total
Formas Plástica	100	R\$ 520,00	R\$ 52.000,00
<b>Total</b>			<b>R\$ 52.000,00</b>

Fonte: Autor, 2019.

O custo total de formas para o método parede de concreto é de R\$ 52.000,00.

### 5.3.4 Escoramento

Para o escoramento no método de paredes de concreto, considerou-se a quantidade necessária para sustentar toda a laje maciça. O custo unitário de R\$4,20 foi fornecido pela empresa irmãos Knies.

Tabela 16 - Custo total do Escoramento / Ref. Irmãos Knies.

Descrição	Quantidade (unidades)	Preço Unitário	Preço Total
Escora para as lajes	140	R\$ 4,20	R\$ 588,00
<b>Total</b>			<b>R\$ 588,00</b>

Fonte: Autor, 2019.

O custo total de escoramento para o método de parede de concreto, de acordo com a Tabela 16, é de R\$ 588,00.

### 5.3.5 Mão de obra Especializada

Disponibilizando-se o projeto modelo à Empresa VMG Empreiteira, que executará a edificação, informou-se que será necessário um período de duas semanas para a execução do projeto modelo. O valor informado pela empresa para a execução, com um pedreiro profissional e um ajudante, é de R\$2.000,00 por semana.

Tabela 17 - Custo total mão de obra.

<b>Descrição</b>	<b>Quantidade (semanas)</b>	<b>Preço Unitário</b>	<b>Preço Total</b>
Mão de obra especializada	2	R\$ 2.000,00	R\$ 4.000,00
<b>Total</b>			<b>R\$ 4.000,00</b>

Fonte: Autor, 2019.

O custo total da mão de obra para uma edificação é de R\$ 4.000,00.

## 5.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A partir dos dados obtidos nos itens 5.2 e 5.3, tem-se o resumo de materiais para os modelos construtivos, e assim, pode-se alcançar às conclusões demonstradas a seguir.

Tabela 18 - Resumo de materiais

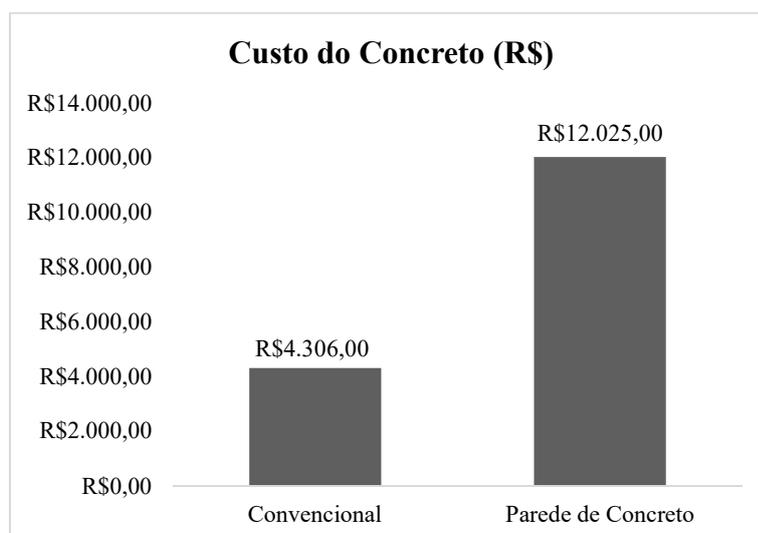
<b>Método Convencional</b>		<b>Parede de Concreto</b>	
<b>Descrição</b>	<b>Consumo</b>	<b>Descrição</b>	<b>Consumo</b>
Concreto	16,70 m <sup>3</sup>	Concreto	48,10 m <sup>3</sup>
Aço	1.273,00 kg	Aço	2.110,80 kg
Laje	100,00 m <sup>2</sup>	Laje	-
Forma	5,18 m <sup>3</sup>	Forma	100,00 m <sup>2</sup>
Escoramento	260,00 unidades	Escoramento	140,00 unidades
Alvenaria	200,00 m <sup>2</sup>	Alvenaria	-
Mão de obra	10 semanas	Mão de obra	02 semanas

Fonte: Autor, 2019.

### 5.4.1 Consumo de Concreto

Em relação ao consumo de concreto, o método paredes de concreto proporcionou maior consumo de material. Com base no Gráfico 1, a diferença de custo ao optar-se pelo uso da estrutura com parede de concreto é de R\$7.719,00 em relação ao método convencional, gerando um aumento de custo de 279,26%. Esta diferença entre os dois casos se dá pelo fato da parede de concreto ser preenchida por inteiro, e não apenas os pilares e vigas como no método convencional.

Gráfico 1 - Custo do concreto

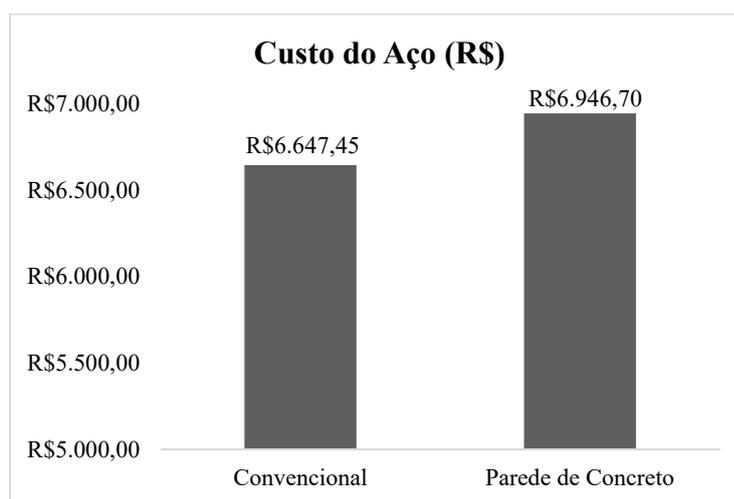


Fonte: Autor, 2019.

#### 5.4.2 Consumo de aço

Assim como o concreto, a solução com parede de concreto apresenta maior consumo de aço em comparação ao método convencional, visto no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Custo do aço



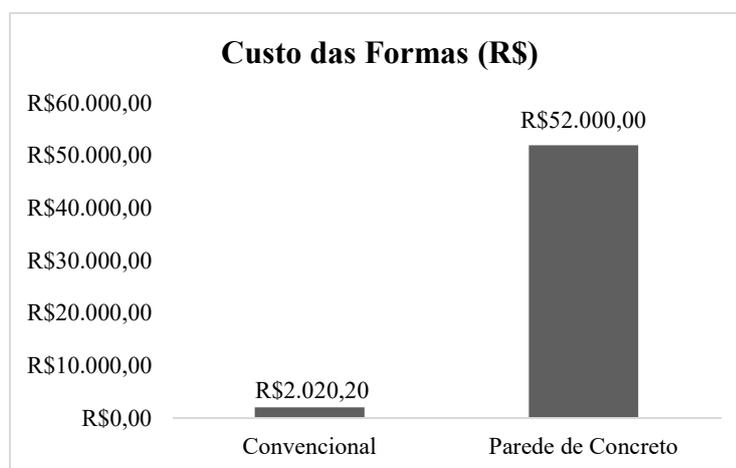
Fonte: Autor, 2019.

Enquanto com o uso do método convencional gerou um custo de R\$ 6.647,45, com paredes de concreto o custo é de R\$ 6.946,70, tendo, assim, uma diferença de R\$299,25. Portanto, fazendo uso do método convencional, a economia é de 4,30%.

### 5.4.3 Consumo Formas

Com a análise do Gráfico 3 a seguir, percebe-se que o tipo de construção que apresenta maior consumo de formas é a parede de concreto. Tal fato se dá porque ao usar o método da parede de concreto, precisamos de formas específicas que foram cotadas com a empresa Metro Modular, logo a mesma tem um valor maior do que a comum de madeira.

Gráfico 3 - Custo das formas



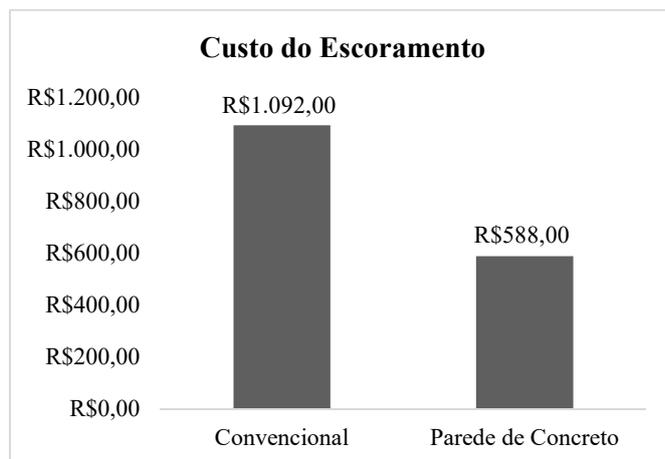
Fonte: Autor, 2019.

Utilizando as formas comuns (madeira) para o método convencional gerou um custo de R\$ 2.020,20, enquanto utilizando as formas da fabricante Metro Modular (específica para o modelo de paredes de concreto) nos gerou um custo de R\$ 52.000,00. Esse estudo nos apresenta uma diferença de R\$49.979,80, onde o método convencional representa apenas 4% do valor em parede de concreto.

### 5.4.4 Consumo de Escoras

Por fim, ambos apresentam necessidade de escoramento, o método convencional utiliza em todas as vigas e também na laje, enquanto o método parede de concreto utiliza apenas na sustentação das lajes.

Gráfico 4 - Custo de escoramento



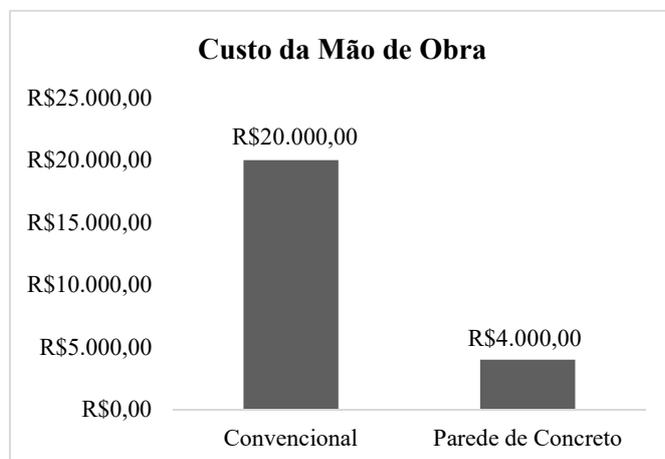
Fonte: Autor, 2019.

Conforme o Gráfico 4, no método convencional utilizou-se um número de 260 unidades de escora, gerando um custo de R\$ 1.092,00. Quando se trata do método de parede de concreto são utilizadas 140 unidades de escora, gerando um custo de R\$ 588,00. Com isto, tem-se uma economia de 46,15% de escoras no método de parede de concreto.

#### 5.4.5 Consumo de Mão de Obra

Tratando-se do valor da mão de obra a ser utilizada em ambos os métodos analisados, observa-se que o valor para um projeto modelo é mais elevado para o método convencional em relação ao método paredes de concreto.

Gráfico 5 - Custo mão de obra.



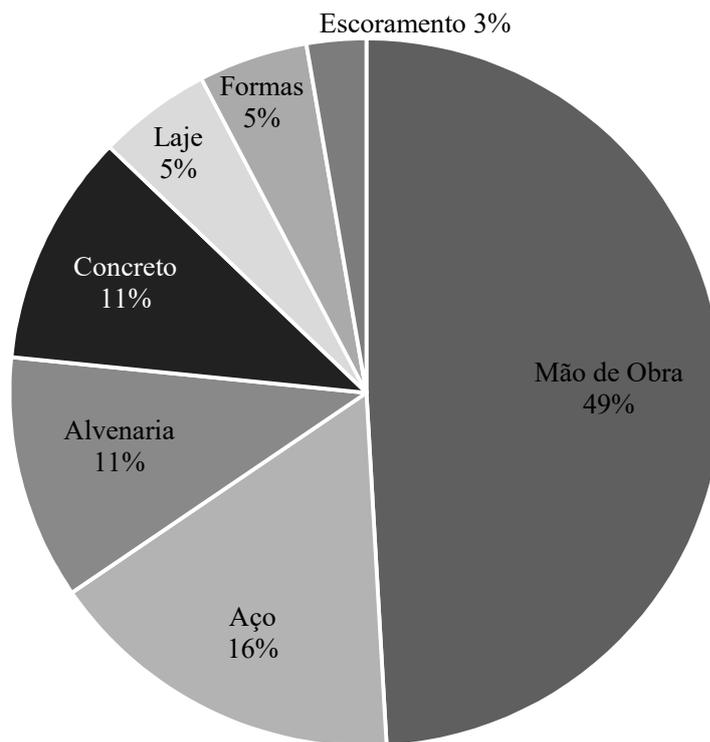
Fonte: Autor, 2019.

Enquanto no método convencional gerou um custo de R\$20.000,00, com paredes de concreto o custo é de R\$4.000,00, tendo assim uma diferença de R\$16.000,00. Portanto, fazendo o uso do método de paredes de concreto, a economia com mão de obra é de 80%.

#### 5.4.6 Custo Percentual

Com base na análise dos gráficos, nota-se que ao utilizar o sistema construtivo que faz uso do método convencional tem-se a mão de obra como maior custo (49%), seguida do aço (16%), alvenaria (11%), concreto (11%), laje (5%), formas (5%) e com menor custo o escoramento (3%), conforme o Gráfico 6.

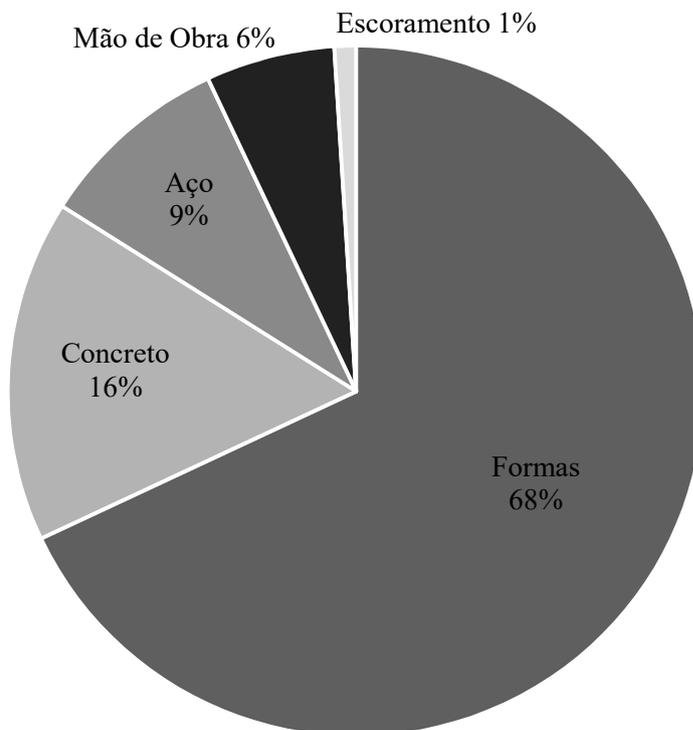
Gráfico 6 - Custo percentual



Fonte: Autor, 2019.

Em contrapartida, utilizando-se paredes de concreto, o material com maior influência no valor total, conforme o Gráfico 7, passa a ser as formas (68%), seguido do concreto (16%), aço (9%), mão de obra (6%) e por fim o escoramento (1%).

Gráfico 7 - Custo percentual



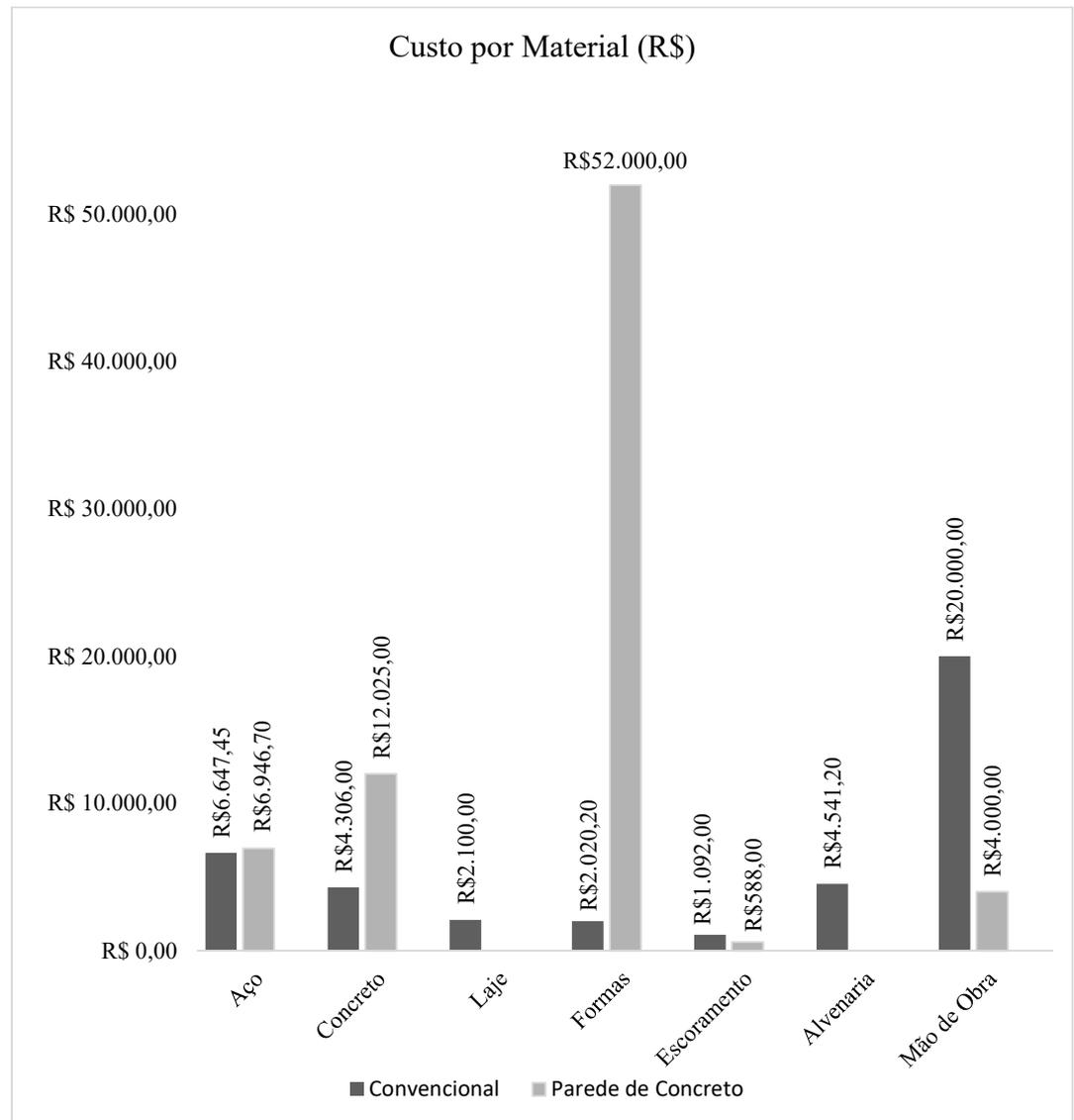
Fonte: Autor, 2019.

Nota-se a diferença entre os dois sistemas construtivos, onde, com o uso do método paredes de concreto o valor mais significante foi o das formas, ficando mais elevado em relação ao método convencional. Levando em consideração a comparação dos valores entre os dois métodos construtivos, para a mesma fase da obra, o método convencional representaria 53,87% do montante do método de parede de concreto moldada in loco.

### 5.4.7 Custo Total

Após as análises e cálculos dos custos por material, tem-se o custo total de acordo com o tipo de método construtivo escolhido. O Gráfico 8 abaixo apresenta os dados.

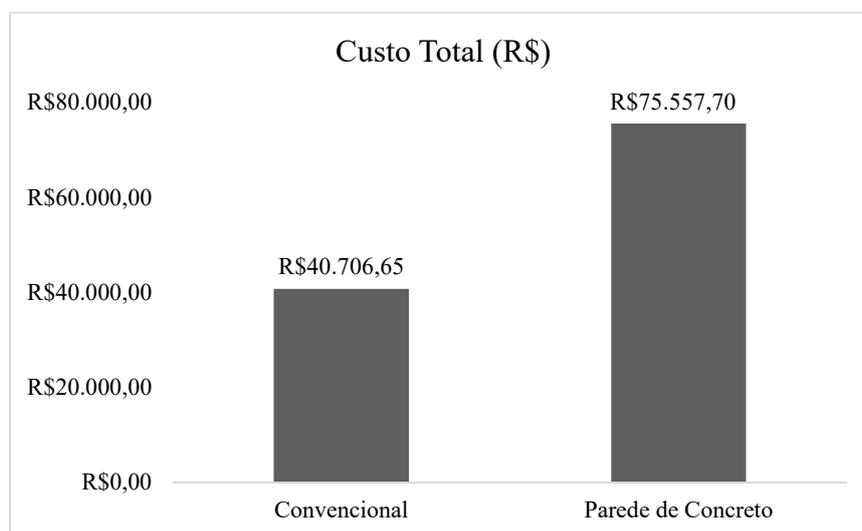
Gráfico 8 - Custo por material



Fonte: Autor, 2019.

E por fim, o Gráfico 9 a seguir apresenta o custo total de cada método construtivo analisado.

Gráfico 9 - Custo total



Fonte: Autor, 2019.

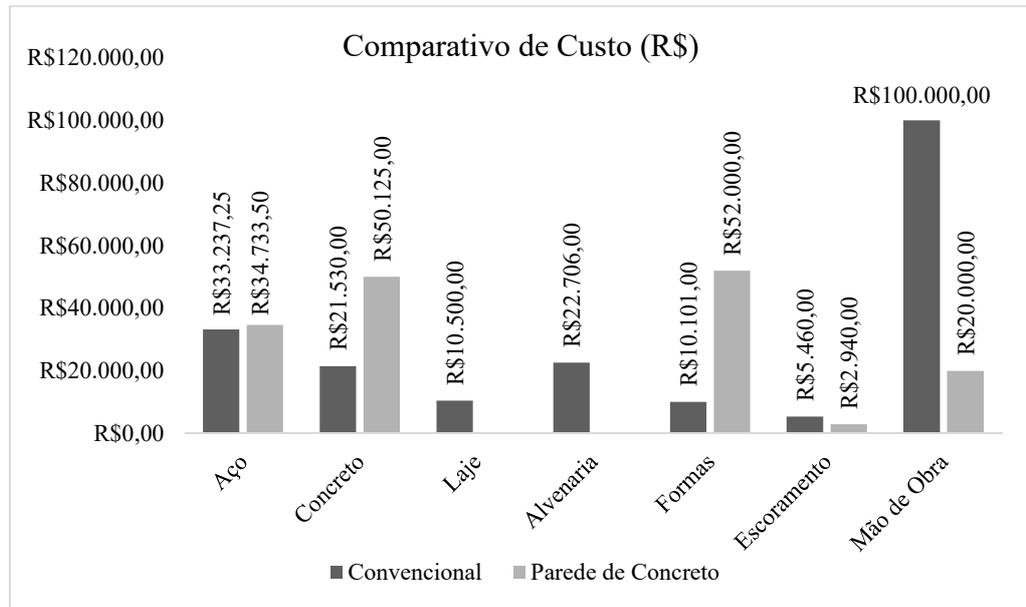
O estudo realizado foi referente aos materiais a serem utilizados na obra, e também o seu método construtivo. A diferença do custo dos métodos construtivos foi de R\$ 33.151,95.

As formas plásticas necessárias no método paredes de concreto tornam a diferença entre os métodos grande. Para uma edificação de 100m<sup>2</sup> tem um custo de R\$26.000,00, e o aluguel mínimo exigido é pelo período de 2 meses, totalizando assim R\$52.000,00. No entanto, levando em consideração também o valor da mão de obra e a quantidade de unidades a serem realizadas, consegue-se melhorar os valores.

Conforme estudos e orçamentos realizados, obtém-se um valor médio para um pedreiro e um servente de R\$ 2.000,00 por semana trabalhada. No método convencional tem-se que da fundação até a concretagem da laje, incluindo reboco das paredes e contra piso, o tempo médio de serviço, para os dois profissionais, seria de 10 semanas. Quando direciona-se o foco no método de paredes de concreto, onde não precisa-se de reboco, as paredes e lajes são concretadas ao mesmo instante e a fundação já considerada radier, o tempo médio para o projeto modelo seria de uma unidade a cada duas semanas.

Ou seja, o método convencional é muito mais interessante quando se trata de poucas unidades, porém quando deseja-se uma quantidade elevada de unidades, o método parede de concreto se torna muito mais viável. Como mostra o Gráfico 10 a seguir, para 5 projetos modelo apresentado observa-se uma diferença considerável.

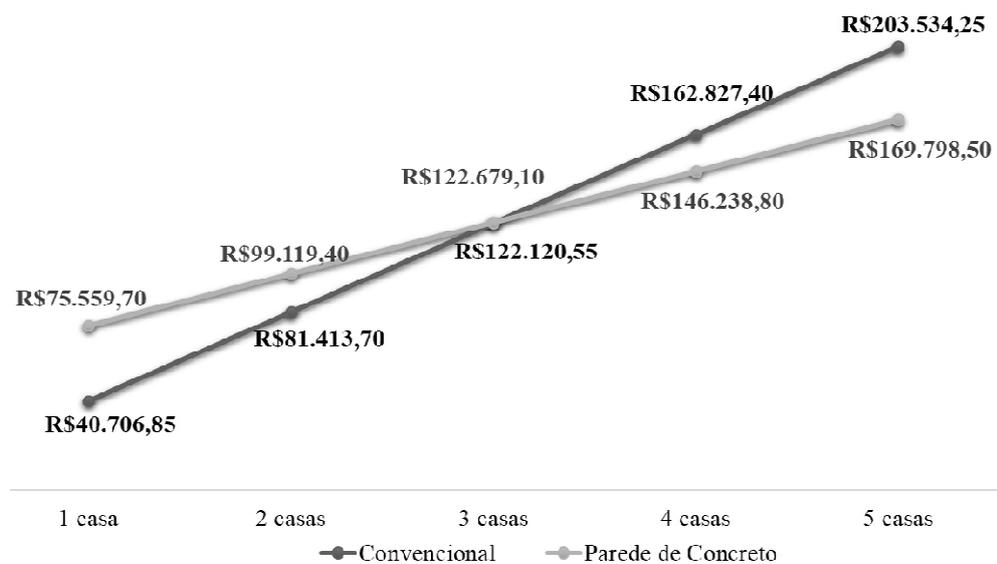
Gráfico 10 - Comparativo de custo



Fonte: Autor, 2019.

Quando o objetivo é uma quantidade maior de unidades, 5 projetos modelo, a diferença de custo que inicialmente era muito grande para uma unidade, fica muito menor e até faz o papel inverso, o valor da mão de obra diminui significativamente e o valor da forma não se altera, pois pode ser usada em uma unidade e em seguida usa-se a mesma forma em outra, conforme o Gráfico 11.

Gráfico 11 - Comparativo de unidades do projeto modelo



Fonte: Autor, 2019.

Os valores observados para os 5 projetos modelos foram de R\$ 203.534,25 para o método convencional e R\$ 159.798,50 para o método parede de concreto, ou seja, uma diferença de R\$ 43.735,75, ficando mais barato para o método parede de concreto. Essa diferença aumenta ainda mais quando aumenta-se o número de unidades.

## 6 CONCLUSÃO

Como pôde ser visto na pesquisa apresentada, a solução tecnológica das edificações com paredes de concreto executadas “in loco” é solução plenamente viável do ponto de vista técnico, além de, em caso de produção em larga escala, do ponto de vista econômico.

Salienta-se neste ponto que a vantagem financeira desta tecnologia em detrimento da construção convencional está atrelada a devida otimização das formas, visto seu elevado custo agregado, o qual remonta R\$ 26.000,00/mês com um período mínimo de locação de 2 (dois) meses. Tal otimização se dá com a produção de 5 (cinco) projetos modelo, resultando em 10 (dez) unidades habitacionais, quantidade esta que impede a ociosidade das forma em obra.

Desta forma, ao se executar apenas um projeto modelo tal custo inviabiliza o empreendimento, visto que a construção se torna aproximadamente 85,50% mais cara que a construção convencional, ao passo que, otimizando formas, tem-se uma economia de aproximadamente 21,50%.

Depreende-se destes dados que a tecnologia em questão se torna deveras interessante para construção de condomínios de casas padrão, tal qual o empreendimento Terra Nova, no município de Palhoça/SC, executado pela Construtora RODOBENS.

Outro ponto que merece destaque é o prazo de execução da obra, que para a execução do projeto no método convencional demandaria um prazo de 10 (dez) semanas, o que é reduzido em 5 (cinco) vezes se optar-se pela tecnologia apresentada, considerando o mesmo efetivo em obra.

Importante frisar que se trata de um estudo para edificações de baixo à médio padrão e que se enquadre nos moldes do Programa Minha Casa, Minha Vida – MCMV, visto que a tecnologia apresentada encontra certa resistência em ser aceita pelo consumidor final.

Dentre as desvantagens que resultam nesta relutância pode-se citar: a impossibilidade de modificações e/ou ampliações posteriores e problemas de ordem acústica.

Assim sendo, conclui-se que apesar das vantagens técnicas e econômicas que podem ser obtidas com esta nova vertente, há a necessidade de um trabalho de convencimento do público alvo (marketing de venda), visto o preconceito que o mercado tem contra as novas tecnologias, bem como as limitações que esta tecnologia em especial apresenta.

Como sugestões para trabalhos futuro indica-se um estudo com padrões mais elevados de construção, bem como proposições de solução para a ineficiência acústica do modelo proposto.

## 7 REFERÊNCIAS

Arcelor Mittal. **Arcelor Mittal 60 Nervurado CA-60**, 2017. Disponível em: <<http://longos.arcelormittal.com.br/produtos/catalogos/ca-60-nervurado>>. Acesso em: 12 out. 2018.

Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem, **Manual do Concreto Dosado em Central**, 2007. Disponível em: <http://www.abesc.org.br/pdf/manual.pdf>. Acesso em: 18 mar 2019.

Associação Brasileira de Cimento Portland, Coletânea de Ativos Paredes de Concreto. São Paulo, 2010.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8545**: Execução de alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos. Rio de Janeiro, 1984.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8681**: Ações e segurança nas estruturas – Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12645**: Execução de paredes de concreto celular espumoso moldadas no local. Rio de Janeiro, 1992.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15575**: Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 16055**: Paredes de concreto moldada no local para construção de edificações. Rio de Janeiro, 2012.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR NM 67**: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.

AZEVEDO, Helio Alves de. O edifício até sua cobertura. São Paulo, 1997.

BATTAGIN, Arnaldo Forti. Uma breve história do cimento Portland, 2012. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/cms/basico-sobre-cimento/historia/uma-breve-historia-do-cimento-portland/>>. Acesso em: 01 out 2018.

Comunidade da Construção, 2016. Disponível em: <<https://www.comunidadeconstrucao.com.br>>. Acesso em: 04 mar. 2019.

CORRÊA, M.R.S.; RAMALHO, M.A. Projeto de edifícios de alvenaria estrutural. São Paulo: Pini, 2003.

D2R Engenharia, Vedações Verticais, 2012. Disponível em: <<http://www.d2rengharia.com.br/vedacoes-verticais.php>>. Acesso em: 21 jan 2019.

FARIA, Renato. Paredes maciças. **Revista Techne**, São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.revistatechne.com.br/engenhariacivil/143/artigo126454-3.asp>>. Acesso em: 18 mar 2019.

FERREIRA, R. Economia Concreta. Revista Equipe de Obra, São Paulo: Pini, 2012. Disponível em: <<http://equipededeobra.pini.com.br/construcaoreforma/47/economia-concreta-ao-optar-por-paredes-de-concreto-em-257752-1.aspx>>. Acesso em: 20 fev 2019.

FK COMÉRCIO. Alvenaria Convencional, 2012. Disponível em: <[http://www.fkcomercio.com.br/alvenaria\\_convencional.html](http://www.fkcomercio.com.br/alvenaria_convencional.html)>. Acesso em: 15 fev 2019.

Fundação João Pinheiro. Deficit habitacional no Brasil, 2018. Disponível em: <<http://www.fjp.mg.gov.br/index.php/produtos-e-servicos1/2742-deficit-habitacional-no-brasil-3>>. Acesso em: 12 set 2018.

Gerdau. **Construção Civil**, 2017. Disponível em: <<https://www2.gerdau.com.br/produtos/telas-gerdau>>. Acesso em: 20 mar. 2019.

Instituto Brasileiro de Telas Soldadas, Telas soldadas Informações Técnicas. São Paulo, 2008. Disponível em: <[http://www.ibts.org.br/telas\\_info.asp](http://www.ibts.org.br/telas_info.asp)>. Acesso em: 21 fev 2019.

LEAL, Ubiratan. Três não é demais. Construção e Mercado, São Paulo: Editora PINI, nº 109, agosto, 2010.

MISURELLI, Hugo; MASSUDA, Clovis. Paredes de concreto. **Revista Techne**, São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/147/artigo285766-1.aspx>>. Acesso em: 15 set 2018.

PETRUCCI, Eládio G, Requião. Concreto de Cimento Portland. 6ª Ed. Porto Alegre: Editora Globo, 1979.

PINHEIRO, Libânio Miranda. **Fundamentos do concreto e projetos de edifícios**. São Carlos: Edufscar, 2007.

SANTOS, Altair. Norma populariza parede de concreto moldada “in loco”, 2012. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/norma-populariza-parede-de-concreto-moldada-in-loco/>>. Acesso em: 12 set 2018.

SELECTA BLOCOS. Detalhes Construtivos, 2012. Disponível em: <[http://www.selectablocos.com.br/alvenaria\\_estrutural\\_detalhes\\_construtivos\\_22.html](http://www.selectablocos.com.br/alvenaria_estrutural_detalhes_construtivos_22.html)>. Acesso em: 12 mar 2019.

SILVA, D.D. Comparação entre normas para dimensionamento de edifícios de paredes de concreto armado. In: Congresso Brasileiro do Concreto, 52, Recife, 2010. São Paulo: IBRACON, 2010.

SILVA, Fernando Benigno. Paredes de concreto armado moldadas in loco. **Revista Techne**, São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/167/artigo286799-1.aspx>>. Acesso em: 21 set 2018.

THOMAZ, E. Trincas em Edifícios: causas, prevenção e recuperação. São Paulo: Pini, 1989.

Universidade da Amazônia (UNAMA). Alvenaria Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAiOIAF/alvenaria-vedacao>>. Acesso em: 15 fev 2019.

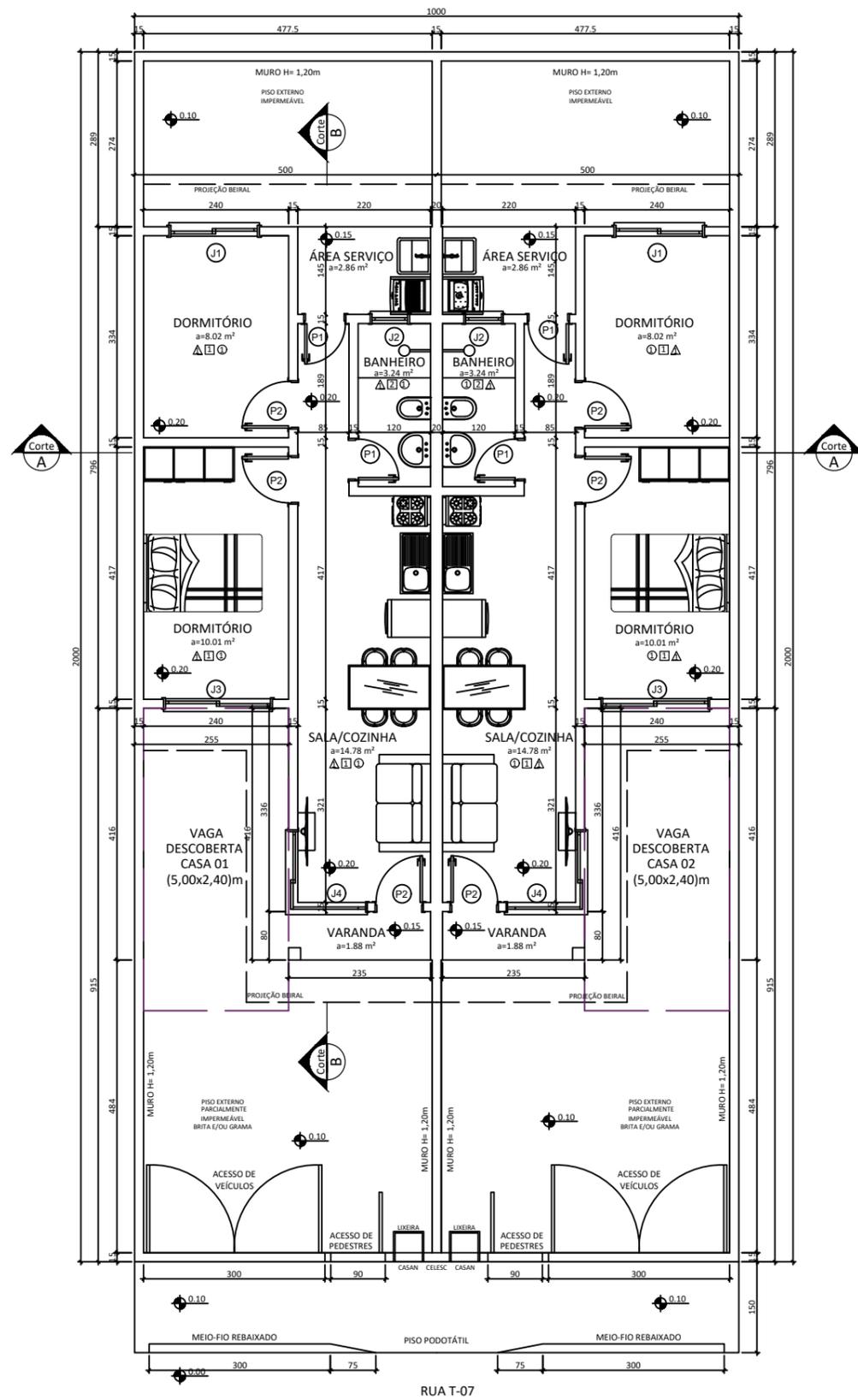
USIMAK. HF implanta nova tecnologia na construção, 2012. Disponível em: <[http://usimak.blogspot.com.br/2012\\_04\\_09\\_archive.html](http://usimak.blogspot.com.br/2012_04_09_archive.html)>. Acesso em: 15 fev 2019.

VENTURINI, Jamila. Casas com paredes de concreto. **Revista Equipe de Obra**, São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.equipedebra.com.br/construcao-reforma/37/artigo220698-2.asp>>. Acesso em: 20 fev 2019.

WENDLER, Arnaldo. Seminário: O sistema parede de concreto na construção habitacional brasileira. Concrete Show 2009, São Paulo, 2009.

## APÊNDICES

APÊNDICE A – Projeto Arquitetônico



PLANTA BAIXA/LOCAÇÃO  
ESC.: 1/100

COD	TIPO	LARGURA	ALTURA	PARAPEITO	MATERIAL	QTD
J1	Janela de correr 2 folhas	150	120	90	Vidro	2
J2	Janela máximo-ar	50	60	160	Vidro	2
J3	Janela de correr 2 folhas	180	120	90	Vidro	2
J4	Janela de correr de quina	240	120	90	Vidro	2
P1	Porta de abrir	70	210	-	Madeira	4
P2	Porta de abrir	80	210	-	Madeira	6

LEGENDA PISO	LEGENDA PAREDE	LEGENDA TETO/FORRO
① Cerâmica	1 Reboco alisado c/ pintura acrílica	△ Recobo alisado c/ pintura acrílica
② Cimento alisado	2 Cerâmica h=teto	△ Forro em PVC

Casa 01	49,99 m <sup>2</sup>
Casa 02	49,99 m <sup>2</sup>
Área Comum	2,59 m <sup>2</sup>
Área Total Construída	99,98 m <sup>2</sup>
Área Terreno	200,00 m <sup>2</sup>

## PROJETO ARQUITETÔNICO

Proprietário

Resp.  
Técnico:

Localização:

Escala:  
Indicada

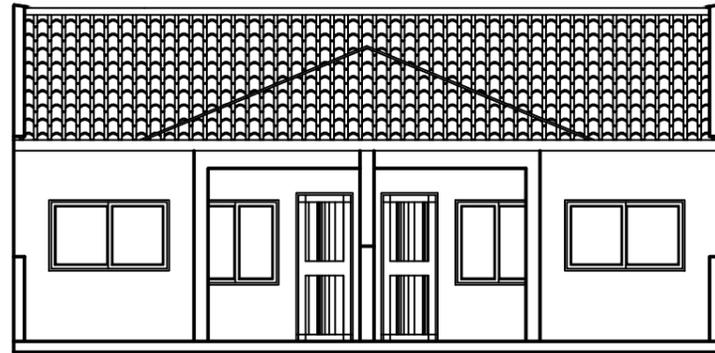
Data:  
Abril 2019

Arquivo:  
Apêndice A - 01/02

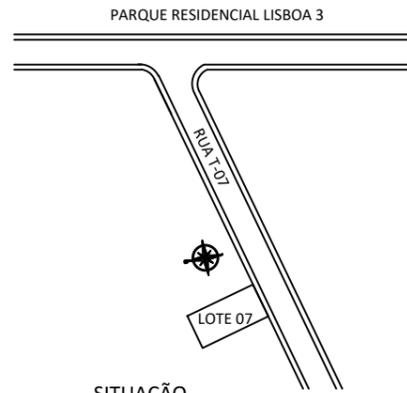
Conteúdo:  
Planta baixa/locação  
Quadro de áreas

Folha:

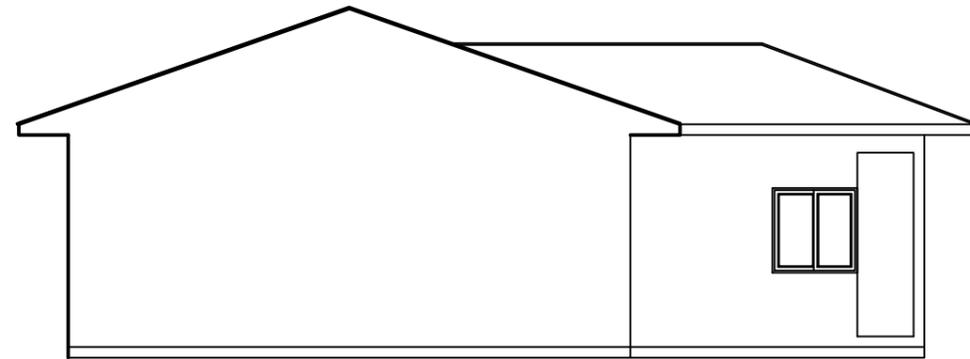
01/02



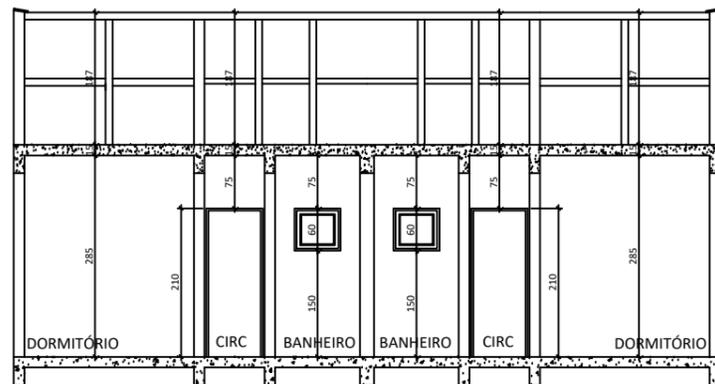
ELEVAÇÃO FRONTAL  
ESC.: 1/100



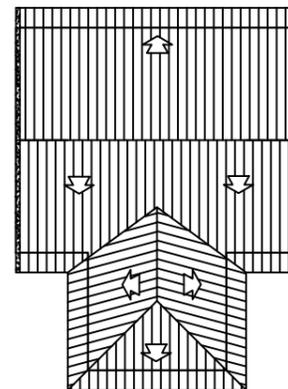
SITUAÇÃO  
SEM ESCALA



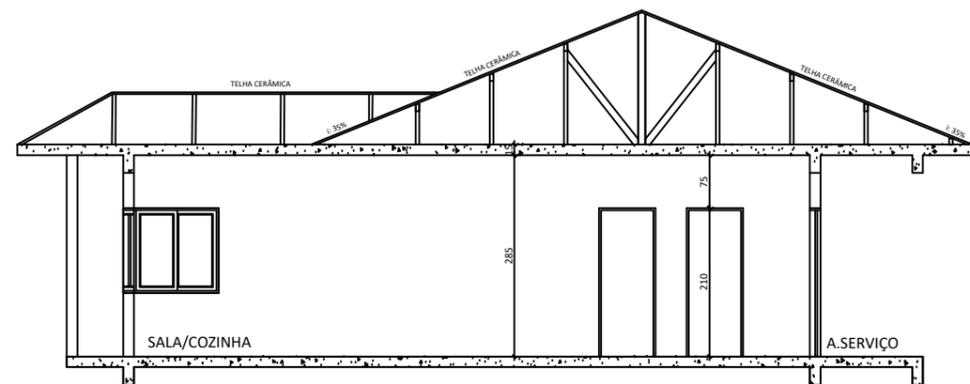
ELEVAÇÃO LATERAL  
ESC.: 1/100



CORTE AA  
ESC.: 1/100



COBERTURA  
ESC.: 1/250



CORTE BB  
ESC.: 1/100

## PROJETO ARQUITETÔNICO

Proprietário

Resp.  
Técnico:

Localização:

Escala:  
Indicada

Data:  
Abril 2019

Arquivo:  
Apêndice A - 02/02

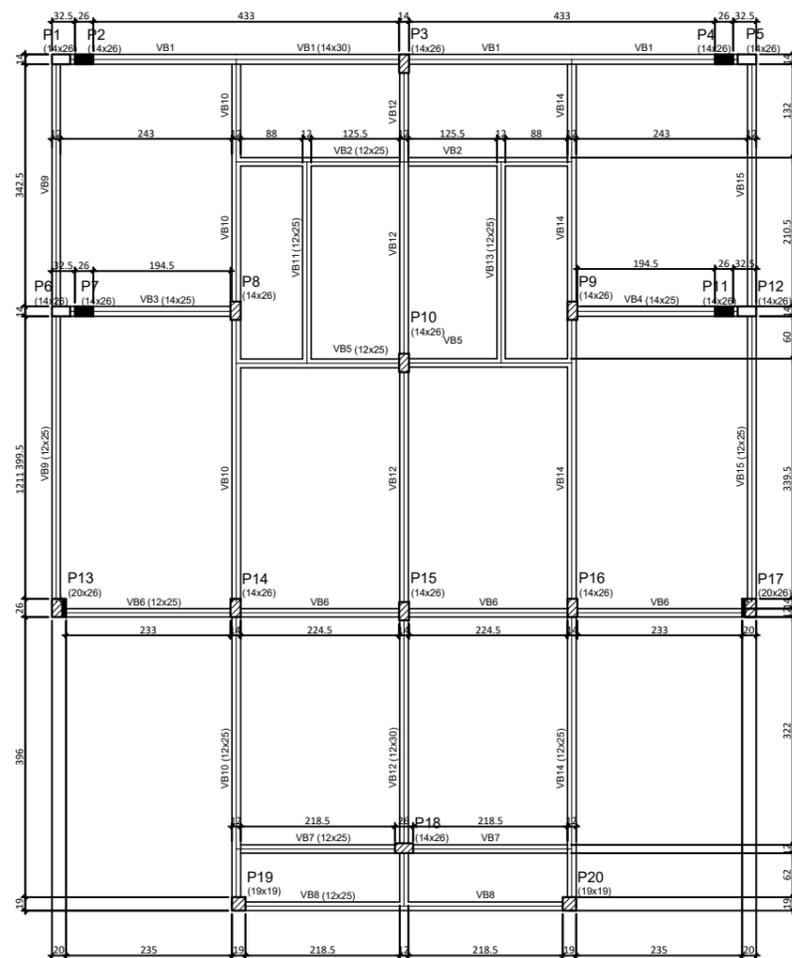
Conteúdo:  
Elevação frontal  
Elevação lateral  
Corte AA  
Corte BB  
Cobertura

Situação  
Detalhes

Folha:

02/02

## APÊNDICE B – Projeto Estrutural – Método Convencional



FORMA DO BALDRAME  
ESC.: 1/100

Nome	Vigas		
	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
VB1	14x30	0	0
VB2	12x25	0	0
VB3	14x25	0	0
VB4	14x25	0	0
VB5	12x25	0	0
VB6	12x25	0	0
VB7	12x25	0	0
VB8	12x25	0	0
VB9	12x25	0	0
VB10	12x25	0	0
VB11	12x25	0	0
VB12	12x30	0	0
VB13	12x25	0	0
VB14	12x25	0	0
VB15	12x25	0	0

Elemento	Características dos materiais			
	fck (kgf/cm²)	Eca (kgf/cm²)	fct (kgf/cm²)	Abatimento (cm)
Vigas	300	260716	29	5.00
Pilares	300	260716	29	5.00
Sapatas	250	238000	26	5.00

Dimensão do agregado = 19 mm

Legenda dos Pilares	
	Pilar que morre
	Pilar que passa
	Pilar que nasce
	Pilar com mudança de seção

## PROJETO ESTRUTURAL

Proprietário

\_\_\_\_\_

Resp.  
Técnico:

\_\_\_\_\_

Localização:

Escala:  
Indicada

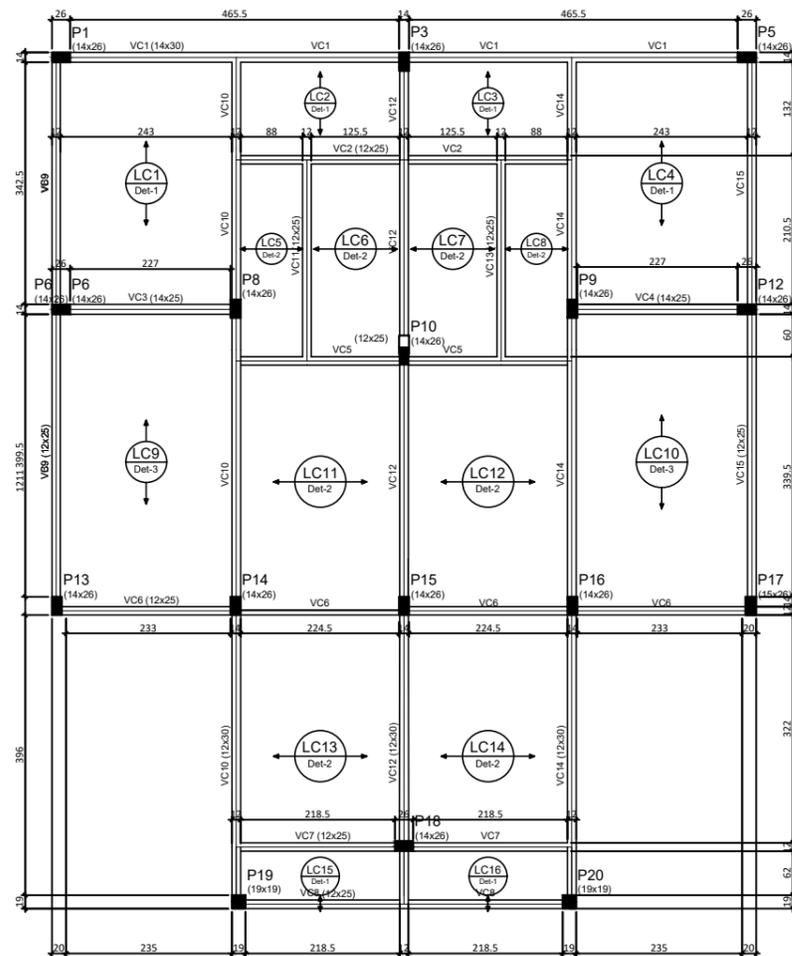
Data:  
Abril 2019

Arquivo:  
Apêndice B - 01/02

Conteúdo:  
Forma do baldrame

Folha:

01/02



FORMA DO TETO DO TÉRREO  
ESC.: 1/100

Vigas			
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
VC1	14x30	0	280
VC2	12x25	0	280
VC3	14x25	0	280
VC4	14x25	0	280
VC5	12x25	0	280
VC6	12x25	0	280
VC7	12x25	0	280
VC8	12x25	0	280
VC9	12x25	0	280
VC10	12x30	0	280
VC11	12x25	0	280
VC12	12x30	0	280
VC13	12x25	0	280
VC14	12x30	0	280
VC15	12x25	0	280

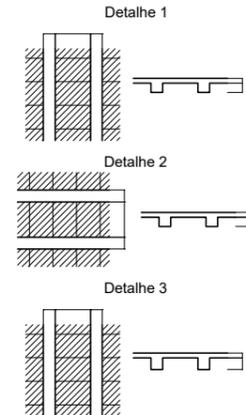
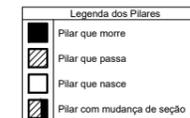
Blocos de enchimento						
Detalhe	Tipo	Nome	Dimensões (cm)			Quantidade
			Alt.	Larg.	Comp.	
1/2	Lajota cerâmica	B8/30/20	8	30	20	870
3	Lajota cerâmica	B10/30/20	10	30	20	252

Lajes					
Nome	Tipo	Altura (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)	Sobrecarga (kgf/m²)
LC1	Pré-moldada	12	0	280	225
LC2	Pré-moldada	12	0	280	225
LC3	Pré-moldada	12	0	280	225
LC4	Pré-moldada	12	0	280	225
LC5	Pré-moldada	12	0	280	225
LC6	Pré-moldada	12	0	280	425
LC7	Pré-moldada	12	0	280	425
LC8	Pré-moldada	12	0	280	225
LC9	Pré-moldada	14	0	280	225
LC10	Pré-moldada	14	0	280	225
LC11	Pré-moldada	12	0	280	225
LC12	Pré-moldada	12	0	280	225
LC13	Pré-moldada	12	0	280	225
LC14	Pré-moldada	12	0	280	225
LC15	Pré-moldada	12	0	280	225
LC16	Pré-moldada	12	0	280	225

Área de lajes			
Tipo	Altura (cm)	Bloco de Enchimento	Área (m²)
Pré-moldada	12	B8/30/20	70.86
Pré-moldada	14	B10/30/20	20.31

Características dos materiais			
f <sub>ck</sub> (kgf/cm²)	Ecs (kgf/cm³)	f <sub>ct</sub> (kgf/cm²)	Abatimento (cm)
300	260716	29	5.00

Dimensão do agregado = 19 mm



## PROJETO ESTRUTURAL

Proprietário

Resp. Técnico:

Localização:

Escala:  
Indicada

Data:  
Abril 2019

Arquivo:  
Apêndice B - 02/02

Conteúdo:  
Forma do teto do térreo

Folha:

02/02