

ANDRÉA CAMPOS DE OLIVEIRA HARITÇALDE

MARIANA PIAZZA

PAULA PIMENTEL RUOCCO

**PROJETO DE
RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR EM MÉDIO PADRÃO**

Projeto de Formatura
apresentado à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo, no
âmbito do Curso de Engenharia Civil

São Paulo

2013

ANDRÉA CAMPOS DE OLIVEIRA HARITÇALDE

MARIANA PIAZZA

PAULA PIMENTEL RUOCCO

**PROJETO DE
RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR EM MÉDIO PADRÃO**

Projeto de Formatura
apresentado à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo, no
âmbito do Curso de Engenharia Civil

Orientador: Profª Drª Mércia
Maria Semensato Bottura de Barros

São Paulo

2013

FICHA CATALOGRÁFICA

Haritçalde, Andréa Campos de Oliveira

Projeto de residência unifamiliar em médio padrão / A.C.O.

Haritçalde, M.Piazza, P.P. Ruocco. -- São Paulo, 2013.

153 p. + 58 f de projeto

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

1.Residência domiciliar (Projeto) 2.Alvenaria estrutural (Projeto) I.Piazza, Mariana II.Ruocco, Paula Pimentel III.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil IV.t.

RESUMO

Em um cenário nacional onde há predominância da construção de residências unifamiliares de forma artesanal, em que as etapas de planejamento e de projeto são constantemente relevadas, partindo-se para a construção quase que direta, há carência pelo desenvolvimento pensado do produto.

A construção planejada, com todas suas etapas, beneficia significativamente o processo em vários aspectos: aumenta-se a racionalização da construção, com menor geração de entulhos, retrabalho e reduz-se o tempo e custos de produção, é mais sustentável e as necessidades de adaptações *as built* são reduzidas.

A fim de se perceber esse benefício, tendo-se em vista a atual expansão do mercado imobiliário que dá espaço ao profissional autônomo da construção, o “Construtor de Casas”, se propôs um estudo detalhado de concepção de projetos para produção de um empreendimento unifamiliar de padrão médio na cidade de Ribeirão Preto.

O trabalho foi subdividido em duas etapas, sendo a primeira caracterizada pelo levantamento de dados (como plano de necessidades, estudo de processo de projeto, legislações locais e não locais, topografia, etc.) e desenvolvimento de anteprojetos. No final desta etapa, realizou-se uma análise crítica dos estudos até então realizados, a partir da qual pode-se realizar mudanças e adaptações que se fizeram necessárias para a continuidade do mesmo.

Na segunda etapa, realizaram-se os estudos aprofundados, agora mais orientados, em cima de uma base um pouco mais definida. Nesta etapa foram feitos os projetos executivos de Arquitetura, Implantação, Alvenaria Estrutural, Estrutura, Cobertura, Fundação, Elétrica e Hidráulica, e o Orçamento.

O trabalho, enfim, visou a exploração do tema, para que se pudesse ter uma visão global do processo de projeto, com todas as dificuldades que ele traria. O atrativo principal foi a passagem por todas as etapas da concepção, que permitiu uma visão sistêmica e prática de todos os conhecimentos adquiridos na graduação.

SUMÁRIO

RESUMO	3
SUMÁRIO	4
LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE TABELAS	9
LISTA DE QUADROS	12
LISTA DE QUADROS	12
1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVOS.....	14
1.2 METODOLOGIA.....	14
2 PRIMEIRA PARTE.....	14
2.1 COLETA DE DADOS.....	16
2.1.1 <i>Processos de projetos</i>	16
2.1.2 <i>Plano de necessidade</i>	18
2.1.3 <i>Gabarito, manuais e Legislação Pertinente</i>	19
2.1.4 <i>Estudo da região</i>	22
2.1.5 <i>Topografia e solo</i>	24
2.1.6 <i>Método construtivo</i>	27
2.1.7 <i>Orçamento</i>	30
2.2 ANTE-PROJETO	31
2.3 AVALIAÇÃO CRÍTICA DE PRIMEIRA ETAPA	32
3 SEGUNDA PARTE (DESENVOLVIMENTO DO PROJETO FINAL).....	34
3.1 PROJETO DE ARQUITETURA	34
3.1.1 <i>Introdução</i>	34
3.1.2 <i>Revisão do plano de necessidades</i>	34
3.1.3 <i>Diretrizes de projeto</i>	35
3.1.4 <i>Estudo preliminar</i>	36
3.1.5 <i>Aberturas e esquadrias</i>	40
3.1.6 <i>Acabamentos</i>	41
3.1.7 <i>Escada</i>	42
3.1.8 <i>Quadro de áreas</i>	42
3.1.9 <i>Maquete eletrônica</i>	43
3.1.10 <i>Quantitativos e custos</i>	45
3.1.11 <i>conclusão</i>	45

3.2	PROJETO DE IMPLANTAÇÃO E MOVIMENTO DE TERRA	46
3.2.1	<i>Introdução</i>	46
3.2.2	<i>Dimencionamento</i>	48
3.3	PROJETO DE ALVENARIA	48
3.3.1	<i>Introdução</i>	48
3.3.2	<i>Modulação</i>	49
3.3.3	<i>Escolha do bloco</i>	49
3.3.4	<i>Quantitativo e custos</i>	51
3.3.5	<i>Conclusão</i>	52
3.4	PROJETO ESTRUTURAL	52
3.4.1	<i>Referências</i>	52
3.4.2	<i>Lajes de Piso dos Primeiro Pavimento e Sótão</i>	52
3.4.3	<i>Vigas</i>	58
3.4.4	<i>Vergas</i>	62
3.4.5	<i>Cinta</i>	63
3.4.6	<i>Bloco de Alvenaria Estrutural</i>	63
3.4.7	<i>Quantitativos e Custos</i>	64
3.4.8	<i>Memorial</i>	67
3.4.9	<i>Conclusão</i>	81
3.5	PROJETO DE COBERTURA	82
3.5.1	<i>Introdução</i>	82
3.5.2	<i>Dimensionamento</i>	86
3.5.3	<i>Quantitativo e custos</i>	93
3.5.4	<i>Memorial de cálculo</i>	94
3.5.5	<i>Conclusão</i>	99
3.6	PROJETO DE FUNDAÇÕES.....	100
3.6.1	<i>Introdução</i>	100
3.6.2	<i>Dimensionamento</i>	101
3.6.3	<i>Quantitativos e Custos</i>	108
3.6.4	<i>Memorial</i>	108
3.6.5	<i>Conclusão</i>	109
3.7	PROJETO HIDRÁULICO.....	110
3.7.1	<i>Introdução</i>	110
3.7.2	<i>Materiais</i>	111
3.7.3	<i>Considerações sobre Sistema Predial de Água Fria</i>	112

3.7.4	<i>Considerações sobre Sistema Predial de Água Quente</i>	116
3.7.5	<i>Considerações sobre o Sistema Predial de Esgoto Sanitário</i>	119
3.7.6	<i>Considerações sobre as Instalações Prediais de Águas Pluviais</i>	123
3.7.7	<i>Considerações sobre as Instalações Prediais de Gás</i>	125
3.7.8	<i>Dimensionamento</i>	125
3.7.9	<i>Resultados</i>	130
3.7.10	<i>Quantitativos e custos</i>	132
3.7.11	<i>Conclusão</i>	133
3.8	PROJETO ELÉTRICO	134
3.8.1	<i>Introdução</i>	134
3.8.2	<i>Considerações sobre os pontos de tomada</i>	135
3.8.3	<i>Considerações sobre o sistema de comunicação</i>	137
3.8.4	<i>Considerações sobre o sistema de interruptores</i>	137
3.8.5	<i>Considerações sobre iluminação</i>	137
3.8.6	<i>Considerações sobre cargas especiais</i>	138
3.8.7	<i>Dimensionamento Elétrico</i>	138
3.8.8	<i>Quantitativos e Custos</i>	139
3.8.9	<i>Memorial de Cálculo</i>	142
3.8.10	<i>Conclusão</i>	144
3.9	ORÇAMENTO	145
4	CONCLUSÃO	148
5	BIBLIOGRAFIA	150

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Origem de problemas patológicos (fonte: Melhado, 2013)	17
Figura 2 – Influência no custo de construção de interferência no projeto (fonte: Melhado, 2013)	17
Figura 3 – Fotos de algumas casas de referência (fotos tiradas no primeiro semestre de 2013)	23
Figura 4 – Localização do terreno do empreendimento (fonte: https://maps.google.com.br/)	25
Figura 5 – Planta do bairro (fonte: Prefeitura de Ribeirão Preto)	25
Figura 6 - Limites e inclinação do terreno	27
Figura 7 – planta de arquitetura do ante-projeto	32
Figura 8 - Modularização do pavimento térreo	37
Figura 9 - Modulação do pavimento superior	37
Figura 10 - Detalhe lavabo e depósito	38
Figura 11 - Ambientes de estar	38
Figura 12 - Corte dos ambientes de coletivos de estar	39
Figura 13 - cozinha churrasqueira e área de serviço	39
Figura 14 - Sala íntima.....	40
Figura 15 - detalhe dos quartos	40
Figura 16 - Esquadrias de alumínio	41
Figura 17 - Método construtivo da escada	42
Figura 18 - Exemplo do tipo de escada proposto	42
Figura 19 – Renders ilustrativos do projeto final.....	44
Figura 20 - Levantamento topográfico do terreno	47
Figura 21 - Patamares finais de implantação.....	47
Figura 22 - Exemplo de elevação de parede com alta concentração de aberturas	49
Figura 23 - Família de blocos adotada	50
Figura 24 Modelagem de apoios das lajes do primeiro pavimento, análogo à cobertura.....	54
Figura 25 Consideração de esforços negativos para fissuração em meio à laje	55
Figura 26 Cálculo de momentos e flecha por Czerny	56

Figura 27 Ação conjunta do sistema parede-viga (PAES, 2008 apud HASELTINE; MOORE, 1981)	59
Figura 28 Consideração de aberturas para cálculo da área de influência em blocos de alvenaria estrutural.....	63
Figura 29 Escoramento para lajes.....	65
Figura 30 - Área de influência de vigas para laje 1 Pavimento	77
Figura 31 - Área de influência de vigas para laje cobertura	78
Figura 32 - Área de influência de bloco para laje 1 Pavimento	79
Figura 33 - Área de influência de bloco para laje cobertura	80
Figura 34 - Desenho esquemático do corte da cobertura	83
Figura 35 - Detalhe de bordas de laje não visível versus cobertura	84
Figura 36 - Detalhe de borda de laje visível versus cobertura	84
Figura 37 - Detalhe de rufo com caimento construtivo.....	84
Figura 38 - Telha Colonial utilizada na cobertura. Fonte: Top Telha	85
Figura 39 -Esquema de características geométricas para verificação de entalhe único em madeira. Fonte: Szucs (sem data).....	92
Figura 40 - Modelo da treliça de cobertura no Ftool: Cálculo de Momentos (kNm)	98
Figura 41 - Modelo da treliça de cobertura no Ftool: Cálculo de forças cortantes (kN)	98
Figura 42 - Modelo da treliça de cobertura no Ftool: Cálculo de forças normais (kN)	98
Figura 43 Detalhe de corte da sapata	100
Figura 44 - Divisão de trechos de paredes para carregamento sobre fundações	102
Figura 45 - Trechos de arrimo utilizados para dimensionamento.....	103
Figura 46 - Modelo de biela-tirante, dimensões características. Fonte: Dutra (sem data)...	105
Figura 47 - Furos de laje. Fonte: http://www.feng.pucrs.br/professores/soares/Topicos_Especiais_-_Estruturas_de_Madeira/Alvenaria.pdf	111
Figura 48 Instalação dos aquecedores solar. Fonte: Manual do Usuário HOMECO	116
Figura 49 - Produção de energia de uma placa de 1,72m ² no Estado de SP. Fonte: http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/136/artigo285727-1.aspx	119

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características dos Imóveis da região	24
Tabela 2 - Locação de pontos de referência	26
Tabela 3 – Matriz de decisão do método construtivo (Estrutura e lajes)	29
Tabela 4 - Quadro de áreas.....	43
Tabela 5 – Quantitativos de esquadrias e acabamentos.....	45
Tabela 6 - Volume de terra original e final	48
Tabela 7 - quantitativos e custos e alvenaria	51
Tabela 8- Estimativa de custo do concreto armado	66
Tabela 9 - Quantitativo de fôrmas para vigas, cimbramento e custo de cimbramento	66
Tabela 10 - Custo de fôrmas de madeira para vigas.....	66
Tabela 11 - Quantitativo e custos de cimbramento de laje pré-modada.....	66
Tabela 12 - Quantitativo e custos da pré-laje.....	67
Tabela 13 - Custos de brita para laje térrea e materiais de calçada	67
Tabela 14 - Custo total da estrutura	67
Tabela 15 - Carga de lajes	68
Tabela 16 - Esforços solicitantes das lajes	68
Tabela 17 - Momentos negativos nos encontros entre lajes	68
Tabela 18 - Armação positiva principal de lajes	69
Tabela 19 - Armação positiva complementar (segunda direção) de laje	69
Tabela 20 - Armação negativa de laje.....	69
Tabela 21 - Flechas de lajes	70
Tabela 22 - Cargas de lajes para distribuição em vigas	70
Tabela 23 - Carregamentos sobre as vigas	71
Tabela 24 - Esforços solicitantes sobre as vigas	71
Tabela 25 - Armação longitudinal positiva de vigas	72
Tabela 26 - Armação transversal (estribos) de vigas	72
Tabela 27 - Armação de pele e negativas de vigas	73
Tabela 28 - Flechas de vigas.....	73
Tabela 29 - Verificação de apoio bloco viga	74

Tabela 30 - Área de influência (m^2) de trechos de bloco estrutural e carregamentos total (kN).....	75
Tabela 31 - Resistência de bloco necessárias a cada trecho de parede, em cinza pontos a grautear.....	76
Tabela 32 - Cálculo de carga por plano de parede resistente	76
Tabela 33 Características médias da telha colonial. Fonte: Cerâmica Top Telha.....	85
Tabela 34 - Características físicas da madeira tipo Peroba Rosa Fonte: IPT	87
Tabela 35 Características físicas das madeiras tipo Pinus e Eucalipto Fonte: NBR7190:1997	88
Tabela 36 - Custo de madeiramento ripas, caibros, vigas, terças e tabeira	93
Tabela 37 - Custo de madeiramento pontaletes	93
Tabela 38 - Custo de madeiramento detalhes.....	94
Tabela 39 - Custo de telhas, isolamento, rufos e forro	94
Tabela 40 - Custo de material para cobertura por telhado	94
Tabela 41 - Custo total de material e mão de obra do telhado.....	94
Quadro 42 - Carga de telhas de cobertura. Fonte: NBR15310:2009.....	95
Tabela 43 - Cálculo de carga das ripas da cobertura	95
Tabela 44 - Cálculo de carga dos caibros da cobertura	95
Tabela 45 - Cálculo de carga das vigas de madeira da cobertura.....	95
Tabela 46 - Cálculo de carga das vigas do pé-direito duplo da cobertura.....	95
Tabela 47 - Cálculo de carga dos pontaletes da cobertura	95
Tabela 48 - Cálculo de carga dos caibros da cobertura de churrasqueira.....	96
Tabela 49 - Cálculo de carga das vigas da cobertura de churrasqueira	96
Tabela 50 - Cálculo de carga da tesoura da cobertura de churrasqueira.....	96
Tabela 51 - Dados gerais e carregamentos da cobertura	96
Tabela 52 - Cálculo de flechas imediatas e admissíveis da cobertura.....	96
Tabela 53 - Cálculo dos esforços solicitantes e verificação à flexão pura da cobertura	97
Tabela 54 - Dados para verificação à flexo-compressão e compressão de peças medianamente esbeltas da cobertura.....	97
Tabela 55 - Verificação à flexo-compressão e compressão de peças medianamente esbeltas da cobertura.....	97
Tabela 56 - Dados de peças esbeltas à compressão na cobertura	97

Tabela 57 - Verificação de peças medianamente esbeltas à compressão na cobertura	98
Tabela 58 - Verificação de cisalhamento e compressão no entalhe de tesoura da cobertura de churrasqueira	98
Tabela 59 - Carregamentos sobre fundações	102
Tabela 60 - Cálculo de recalques e recalque diferencial da sapata corrida	107
Tabela 61 - Custos de concreto e graute para fundações	108
Tabela 62 - Custo de armação para fundações.....	108
Tabela 63 - Custo de impermeabilização em MAI para fundações	108
Tabela 64 - Custo total de material e mão de obra de fundações	108
Tabela 65 - Dimensionamento da geometria da sapata centrada	109
Tabela 66 - Dimensionamento da geometria da sapata excêntrica	109
Tabela 67 - Dimensionamento de armação de sapata	109
Tabela 68 - Verificação da diagonal de concreto na sapata corrida.....	109
Tabela 69 - Dimensionamento de armação de arrimos	109
Tabela 70 - Dimensionamento das tubulações de água quente e fria	130
Tabela 71 - Dimensionamento do sistema do esgoto	131
Tabela 72 - Quantitativo de peças	132
Tabela 73 - Quantitativo de metais e louças	133
Tabela 74 - Quantitativo de outros materiais.....	133
Tabela 75 - Custo total	133
Tabela 76 - Custo total da elétrica	140
Tabela 77 - Quantitativo e custos de eletrodutos, fiações, caixas elétricas e pontos	141
Tabela 78 - Quantitativo e custos dos quadros de distribuição	141
Tabela 79 - Previsão das cargas	142
Tabela 80 - Dimensionamento dos Circuitos	143
Tabela 81 Dimensionamento de Entradas/ Ligações entre QDL.....	143
Tabela 82 Potência Instalada	144
Tabela 83 - Físico financeiro da residência	146
Tabela 84 - Dados de desembolso semanal.....	147

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Dimensionamento do ramal predial de água e do cavalete segundo NTS 181 (2012).....	114
Quadro 2 - Dimensionamento do hidrômetro segundo NTS 181 (2012)	114
Quadro 3 - Consumo diário de água quente	117
Quadro 4 - Capacidade do boiler	118
Quadro 5 - Diâmetro nominal mínimo dos ramais de descarga.....	121
Quadro 6 - Dimensionamento de tubos de queda	122
Quadro 7 - Dimensionamento de subcoletores e coletor predial	122
Quadro 8 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular	125
Quadro 9 - Pesos relativos nos pontos de utilização identificados em função do aparelho sanitário e da peça de utilização.....	126
Quadro 10 - Perda de carga em conexões - Comprimento equivalente para tubo rugoso ..	127
Quadro 11 - Perda de carga em conexões - Comprimento equivalente para tubo liso	127
Quadro 12 - Número de unidades de Hunter de contribuição e DN mínimo do ramal de descarga	128
Quadro 13 – Diâmetro nominal dos ramais de esgoto.....	129
Quadro 14 – Diâmetro nominal dos sub-coletores	129
Quadro 15 - Diâmetro nominal dos tubos de queda	129

1 INTRODUÇÃO

A cadeia da construção civil no Brasil representa cerca de 8% do PIB e é o quarto setor com maior geração de empregos. Em 2007, foi estimado como valor total de obras e serviços relacionados ao setor de edificações residenciais 15 bilhões de reais, valor que salta para 39 bilhões em 2010, resultando em uma taxa de crescimento de 37% ao ano (CONSTRUBUSINESS 2012).

É de se esperar que com a redução das taxas de juros, ampliação dos prazos de financiamento, expansão da renda e do emprego unidos ao grande déficit habitacional ainda existente no país de mais de 6 bilhões de habitações, em 2011, que este mercado ainda esteja em franca expansão.

Sob a perspectiva deste cenário e tendo em mente a cultura nacional da realização quase artesanal das construções unifamiliares, com baixo emprego de projetos minimamente detalhados e decisões tomadas em obra por profissionais pouco capacitados, pode-se vislumbrar um futuro repleto de problemas patológicos e usuários descontentes.

Visando reduzir estes problemas e a atual busca por desempenho, faz-se necessário iniciar o treinamento e emprego de mão de obra especializada e focada no projeto de residências unifamiliares.

Entra-se, assim, no ofício do construtor de casas, profissional admitido pela sociedade e amparado pela legislação que, sendo engenheiro civil ou arquiteto, atua como profissional autônomo com a função de projetista e/ou gestor de um processo informal de construção de edificações (Notas de aula PCC2535 – EPUSP 2013).

Esse cenário previamente apresentado acaba por impulsionar uma expansão do mercado imobiliário, sendo uma parcela significativa desse mercado a construção de residências unifamiliares. Surge assim uma oportunidade mercadológica para Engenheiros Civis e Arquitetos que queiram atuar como profissionais autônomos.

O presente trabalho trata do projeto de uma residência unifamiliar de dois pavimentos localizada em Bonfim Paulista, distrito de Ribeirão Preto-SP. Ele se insere no contexto econômico descrito, pois visa comercialização, e também no contexto de oportunidade profissional, pois em seu desenvolvimento ao mesmo tempo treina e empregam pessoas tecnicamente capacitadas, estudantes de engenharia civil.

Seu desenvolvimento se deu em duas etapas. A primeira foi uma crítica ao trabalho desenvolvido no primeiro semestre, que consistiu em estudos dos dados iniciais (topografia, gabarito e etc.) e versão preliminar do projeto em estrutura convencional, enquanto a segunda se consistiu de uma revisão e detalhamento dos projetos em alvenaria estrutural.

1.1 OBJETIVOS

Esse trabalho tem como objetivo desenvolver os projetos legais e executivos, orçamento e cronograma físico-financeiro de uma residência unifamiliar de médio padrão.

1.2 METODOLOGIA

Antes de iniciar o projeto foi feito um levantamento de todos os dados relevantes para o desenvolvimento deste. Foi necessário: Definir como o desenvolvimento do próprio projeto seria organizado; analisar a expectativa do cliente e definir os requisitos do projeto; Estudar as referências principais de critérios de projeto; estudar particularidades da região onde se insere o terreno do cliente; analisar as opções e adotar a solução construtiva adequada; e observar a coerência do projeto proposto com o entorno o orçamento e as condições da economia.

Com todos os dados e requisitos levantados, foi feito um estudo preliminar, no qual se procurou alcançar o maior nível de detalhes possível no tempo disponível para seu desenvolvimento, a fim de que o grupo adquirisse maior familiaridade com o projeto dos sistemas que compõe o projeto.

Esse estudo preliminar foi então submetido a uma avaliação de projetistas mais experientes. Nesse momento foram levantados os pontos em que era possível melhorar o projeto. Acredita-se que se todas as possíveis falhas de uma obra pudessem ser previstas em projeto, seria alcançado um grande aumento de produtividade e economia na construção. Por isso a importância dessa avaliação.

Por fim, os comentários feitos na avaliação foram estudados e em sua maioria incorporados no projeto final desenvolvido, procurando-se atingir um grau de detalhes suficientes para evitar qualquer dúvida ou tomada de decisões durante a sua construção.

2 PRIMEIRA PARTE

Inicialmente, o empreendimento foi apresentado a partir da proposição de um cliente, dono de um terreno localizado em um condomínio fechado em Ribeirão Preto, cidade do interior de São Paulo e disponível para construção de uma unidade unifamiliar. Este cliente tem como objetivo a venda ou aluguel do imóvel como forma de complementação de renda.

Apesar de possuir experiência anterior no ramo de construção de casas unifamiliares, o cliente afirmou nunca ter utilizado projetos detalhados além do Projeto Legal de Arquitetura que é submetido à aprovação em prefeitura, ou seja, pode-se afirmar que grandes partes das decisões eram tomadas durante a obra.

Assim, buscou-se fazer a coleta de dados iniciais tais como elaboração do plano de necessidades do cliente, legislação local, levantamento de dados topográficos e estudo de solo.

Paralelamente, por meio de revisão bibliográfica, foram estudados os principais elementos que deram suporte ao ato de projetar a residência unifamiliar: o processo de projeto; as fontes de critério de projeto; a confecção de orçamento e as possibilidades de sistemas construtivos.

Com este suporte, realizaram-se diversos estudos de arquitetura, avaliados junto ao cliente dentro de seu plano de necessidades inicial e orçamento estipulado.

Com a arquitetura preliminar, foi possível fazer uma estimativa de venda e custo do empreendimento. Tais estimativas foram apresentadas ao cliente, em caráter consultivo, para que este tomasse a decisão da viabilidade do empreendimento. Não foi realizado um estudo aprofundado de viabilidade econômica, uma vez que o cliente pretende concluir as obras mesmo que a título de incremento do patrimônio.

Dessa forma, escolheu-se por direcionar esforços para o ato de projetar o empreendimento, deixando apenas as estimativas de valor de venda e custos, como informações que o cliente poderia utilizar para auxiliar em sua própria avaliação da viabilidade do empreendimento quando ou se necessário.

Desenvolveu-se então a primeira versão do projeto. Foi optada a utilização do método construtivo convencional (alterado para alvenaria estrutural após a análise crítica), por ser comum na região, domínio do assunto por parte do cliente e pela facilidade de se encontrar insumos e mão-de-obra. Foram então concluídos os anteprojetos dos seguintes subsistemas:

- Topografia;
- Implantação e movimento de terra;
- Fundações e contenções;
- Estruturas;
- Cobertura;
- Hidráulico;
- Elétrico;
- Revestimentos e esquadrias.

Ao fim, houve uma extensa pesquisa a respeito de soluções técnicas construtivas para o método inicialmente adotado em termos de uso de materiais, processo construtivo de subetapas e seus controles necessários.

Assim, para fins de sintetizar o trabalho, bem como pelas modificações ocorridas em meio ao seu desenvolvimento, a primeira etapa será condensada a seguir nas principais

informações pesquisadas, para melhor entendimento do produto final, com uma posterior avaliação crítica da mesma.

2.1 COLETA DE DADOS

2.1.1 PROCESSOS DE PROJETOS

Melhado (1994) define a atividade de projeto como “uma atividade ou serviço integrante do processo de construção, responsável pelo desenvolvimento, organização, registro e transmissão das características físicas e tecnológicas especificadas para uma obra, a serem consideradas na fase de execução”, ou seja, é a atividade obrigatória para qualquer empreendimento que, inicialmente, trata-se de uma ideia subjetiva e através de um processo técnico torna-se algo exequível em obra. Este processo técnico, por sua vez, apresenta duas componentes: atividade de projeto como o produto-documento onde estão contidas as soluções tecnológicas que devem ser empregadas para que a ideia seja materializada, e produto-serviço de projetista, no qual o projetista deve estar disponível para tirada de dúvidas da obra.

O projetista deve se envolver em todas as etapas do empreendimento, das plantas à entrega do produto acabado, a fim de adquirir conhecimento para a escolha de suas soluções técnicas e garantir a compatibilização de seu projeto com os demais. Com a sua participação e acompanhamento, não estará alheio aos problemas que surgem durante a construção, tendo assim um *feedback* que pode incorporar em trabalhos futuros. (Melhado 2013)

O trabalho de profissionais engajados, com projetos de boa qualidade, resulta em obras com menor incidência de retrabalhos, diminuindo problemas patológicos e garantindo maior índice de satisfação do cliente.

Conforme dito anteriormente, o produto final desse projeto tem como objetivo a comercialização e, por esta razão, é desejável que seja reduzido, na medida do possível, o custo da obra e que sejam evitados retrabalhos ou desperdícios, e que sejam mantidas as características que atraem clientes, como conforto e durabilidade. Por isso o objetivo deste trabalho é a elaboração de um projeto detalhado a fim de prever problemas ainda em fase de projeto, reduzindo custos e problemas patológicos.

Pode-se observar nas Figura 1 e Figura 2, onde são apresentados resultados de estudos que comprovam a utilidade e eficiência da boa gestão dos processos de projeto, a influência do projeto tanto no custo quanto na manifestação de patologias. A Figura 1 mostra a proporção da influência de cada atividade na origem de problemas patológicos da construção civil. Na Figura 2 relaciona-se a tomada de decisões, em cada etapa da obra, com o aumento do custo de produção gerado pela mudança de projeto.

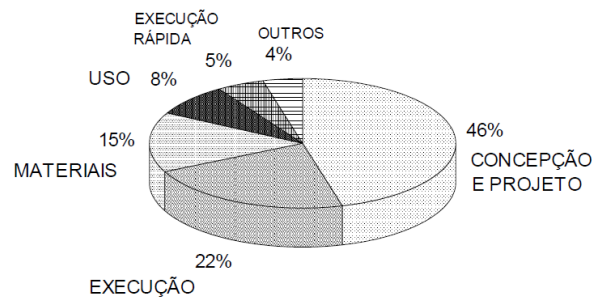


Figura 1 – Origem de problemas patológicos (fonte: Melhado, 2013)

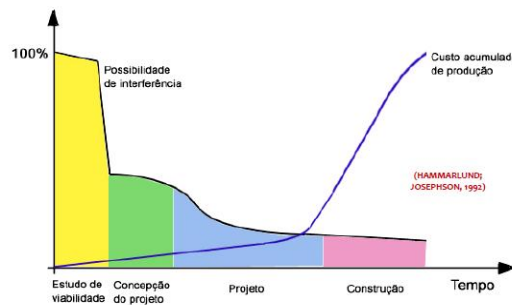


Figura 2 – Influência no custo de construção de interferência no projeto (fonte: Melhado, 2013)

Dada à importância dessa atividade de projeto, procurou-se administrar essa atividade durante o desenvolvimento desse trabalho. Seguiram-se as etapas propostas por Melhado (2013):

- Fase A – Concepção do produto
- Fase B – Definição do produto
- Fase C – Identificação e solução de interfaces de projeto
- Fase D – Detalhamento de projetos
- Fase E – Pós – entrega de projetos
- Fase F – Pós – entrega da obra

Seguindo a metodologia apresentada, as fases A, B e C consistem na coleta de dados; a fase D seria correspondente ao estudo preliminar, à fase E pode ser considerada como a avaliação crítica, observando os impactos da primeira versão do projeto na obra. Em seguida, seria retomado o desenvolvimento a partir da fase A, incorporando o aprendizado obtido no primeiro projeto, gerando um novo desenvolvimento com novas soluções disponíveis para o mesmo produto.

Segundo Melhado (2013), as principais falhas possíveis durante o desenvolvimento de um projeto em um grupo de projetistas são:

- Falhas de controle de documentos
- Falhas de controle da comunicação
- Falhas de análise crítica

- Falhas de coordenação do projeto
- Falhas de gestão empresarial

A fim de evitar essas falhas, os projetos foram divididos em disciplinas (Arquitetura, Estrutura e Sistemas Prediais) com cada uma de responsabilidade de um diferente projetista. Visando a plena conexão dos documentos, todos foram colocados em um diretório compartilhado e sincronizado ao qual todo o grupo possui acesso; também, foram feitas reuniões semanais para alinhar e discutir ideias.

Com a intenção de obter a máxima qualidade para o projeto, também foram estipuladas as seguintes prerrogativas:

- Os projetistas devem se apresentar engajados e disponíveis ao longo de todo o processo. Este aspecto foi garantido, pois um dos projetistas se comprometeu a acompanhar o projeto desde sua concepção à sua construção e comercialização.
- Os projetistas devem dedicar tempo adequado para a concepção do empreendimento, realizando a coleta de dados iniciais de maneira correta.
- O processo de projeto e suas interações devem ser bem planejados em todas as suas etapas e interações.
- Devem ser estudadas as metodologias construtivas disponíveis e seus critérios de dimensionamento, com foco na construtibilidade.
- A troca de informações deve ser mantida de maneira a minimizar sua perda e gerar compatibilidade e controle sobre o que se foi produzido.

2.1.2 PLANO DE NECESSIDADE

O plano de necessidades se trata de um documento que declara as expectativas do cliente quanto ao orçamento, prazo, divisão do espaço, estilo arquitetônico e de acabamento do empreendimento.

Foi passado um orçamento esperado de R\$350.000,00 (trezentos e cinquenta mil reais), não incluindo o custo do terreno, para um sobrado de médio padrão a ser construído em seis meses.

O cliente passou uma relação dos espaços e suas características principais que deveriam ser contempladas no projeto. São os espaços mínimos:

- vagas cobertas para carros.
- Varanda coberta (área de lazer com churrasqueira)
- Sala de estar
- Sala de jantar
- Sala para “Home Theater”
- Escritório (espaço para pelo menos duas pessoas)
- Bar (se possível)

- Cozinha segregada
- Lavanderia com vestiário de serviço ventiladas (janela para o recuo, não para a frente da casa, não para a área de lazer)
- Lavabo próximo da área de estar
- quartos (pelo menos 1 suíte)

Recomendações para disposição e características desejadas dos espaços:

- Acessos sociais e de serviço separados
- Pé direito duplo em ambientes de estar (se possível)
- Maior área de aberturas para ventilação possível
- Evitar corredores e ambientes muito segmentados (ambientes o mais amplos e integrados possível)
- Recuo de apenas um dos lados da residência
- Utilização de aquecimento solar

O plano de necessidades proposto foi comparado com as características das casas da região, a partir de um levantamento apresentado na Tabela 1. Observa-se, pela tabela, um grande número de residências com 3 suítes, 2 vagas e lazer completo, principalmente na zona 2 (classe média) o que torna o plano de necessidades apresentado compatível com as características das residências da região.

2.1.3 GABARITO, MANUAIS E LEGISLAÇÃO PERTINENTE

A finalidade do processo de projeto é apresentar as soluções do projetista e as detalhar de forma com que tal finalidade se concretize. Para que isto ocorra, o projetista deve buscar o conhecimento teórico aplicável à situação imposta, estudar e analisar as diversas soluções disponíveis no mercado e realizar suas escolhas com base nestes estudos, em sua experiência prévia e garantindo a segurança dos usuários.

A Gabarito

O terreno está localizado dentro de um condomínio. Assim, as próprias regras de gabarito aprovadas na prefeitura como estatuto do condomínio estão inseridas na Lei de Parcelamento Uso e Ocupação do Solo do Município de Ribeirão Preto (Lei Complementar no 367/2006).

O estatuto estabelece como gabarito:

- Recuo frontal de três metros a partir da calçada.
- Recuo lateral de um metro e meio podendo ser apenas de uma das divisas do terreno.
- Taxa de ocupação de 80% do terreno.
- Taxa de aproveitamento de uma vez a área do terreno.

- Limitação de dois pavimentos construídos mais cobertura.
- Ausência de muros e gradis frontais.

Todavia, para se atender às exigências mínimas de pé-direito, área de cômodos, ventilação e iluminação, recorreu-se ao Código de Obras de Ribeirão Preto (Lei Complementar no 362/2006) que estabelece:

A.1 Aprovação da Planta por meio do Projeto Simplificado e Memorial Descritivo que deverá conter:

- Implantação da edificação com todas as dimensões de recuos, com medidas e cotas de todos os níveis de pavimentos necessários à amarração da edificação ao terreno, com cálculo de áreas e a especificação da altura da edificação em escala 1:500;
- Cotas de nível originais e projetadas em relação ao nível médio da guia;
- Sacadas, varandas e quaisquer elementos arquitetônicos em balanço destacados de forma distinta para fácil identificação;
- Planta de cobertura especificando posicionamento das calhas, beirais, declividades adotadas, posicionamento de caixas de água na escala mínima 1:500;
- Ao menos um corte esquemático longitudinal e transversal sem escala definida para cada seção da edificação;
- Memorial descritivo que especifica as obras e serviços que serão utilizados durante a construção;

A.2 Considerações de mínimos a serem empregados em compartimentos:

- Pé direito mínimo de 2.7 m para salas e dormitórios; de 2.3 m para garagens e depósitos e 2.5 m para os demais cômodos;
- Escadas com altura máxima de degrau de 18 cm, largura mínima de 90 cm;
- Área de garagem de 12.5 m² com comprimento mínimo de 5 m, máximo de 6m e largura máxima de 5 metros;
- As chaminés de lareiras deverão se elevar 1m acima da cobertura onde estão situadas, com forro contendo isolamento térmico;
- Pérgolas podem ser executadas sobre o recuo mínimo obrigatório contanto que sejam vazadas, uniformemente distribuídas pela área empregada e não podendo ter altura maior que 40 cm e largura maior que 15 cm e com área de cobertura máxima de 50% de sua área empregada;
- Compartimentos destinados a estar, dormir e comer com abertura de 1/8 da área do piso com mínimo de 0.60m². Os demais cômodos podem não possuir ventilação natural se comprovada eficiência do sistema mecânico;

Os demais critérios de áreas mínimas são atendidos pelo simples padrão de construção a ser empregado no projeto.

B Normas

Para que seja possível garantir a segurança dos usuários os métodos construtivos e critérios de dimensionamentos são regulamentados pelas normas. A Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT é uma entidade privada sem fins lucrativos, responsável pela normalização técnica brasileira. As normas são documentos estabelecidos por consenso e aprovados em um organismo reconhecido a fim de proporcionar a padronização de processos e produtos, eliminando conflitos de ordem técnica ao estabelecer metodologias.

À parte de sua obrigatoriedade de seguimento pela jurisprudência brasileira, diversas metodologias de dimensionamento, recebimento de materiais, processos construtivos se encontram normalizadas, sendo assim utilizadas para o detalhamento dos subprojetos.

Pode-se citar como as principais normas empregadas:

- NBR14653 :2001- Avaliação de Bens
- NBR2120:2000- Cargas para cálculo de estruturas de edificações
- NBR7190:1997- Projeto de estruturas de madeira
- NBR14859-1:2002- Laje pré-fabricada- Requisitos (lajes unidirecionais)
- NBR9062:2006-Projeto e execução de concreto pré-moldado
- NBR6118:2007 – Projeto de Estruturas de Concreto- Procedimento
- NBR 8190:1999- Sistemas prediais de esgoto sanitário-Projeto e Execução
- NBR5626:1998- Instalação predial de água fria
- NBR7198:1993- Projeto e execução de instalações prediais de água quente
- NBR10844: 1989-Instalações Prediais de águas pluviais-Procedimentos
- NBR5410:2008- Instalações Elétricas de Baixa tensão
- NBR15575:2013- Edificações habitacionais – Desempenho

C Manuais

Apesar de proporcionar a padronização de processos e produtos ao eliminar conflito de ordem técnicas, as normas apresentam certas limitações. Primeiramente, ainda existem muitas soluções de engenharia que carecem de normas, tais como a metodologia para dimensionamento de estruturas mistas de concreto e alvenaria de vedação, ou pecam na descrição do detalhamento construtivo de peças, como, por exemplo, lajes apoiadas em solo. Em segundo lugar, as normas não necessariamente consideram a disponibilidade comercial e cultural das soluções. Assim, é necessário recorrer a catálogos e tabelas de fabricantes, que facilitam o entendimento da linguagem normativa e suprem em alguns casos a deficiência da regulamentação de soluções construtivas.

Muitos fornecedores possuem produtos fora de normalização. Neste caso, há dois caminhos a serem seguidos: o construtor de casa pode optar por trabalhar apenas com produtos normalizados, com certificações de conformidade promovidos por associações regulatórias como INMETRO; ou incorporar estas irregularidades dos produtos no projeto. Neste caso, é necessário trabalhar com projetos superdimensionados, para que haja garantia de segurança, abrindo-se mão de soluções otimizadas.

Também, deve se lembrar que pode ser interesse do fornecedor gerar um manual que envolva o maior consumo possível de seu produto. Portanto, a maior parte das soluções de fornecedores será utilizada para fins de pré-dimensionamento e refinadas sob a ótica das normas e referências acadêmicas.

São exemplos de catálogos e manuais utilizados:

- Manual para Instalações Elétricas Residenciais promovido pelo grupo Prysmian.
- Temo de Garantia e Manual de Instalação de telhas coloniais Maristela
- Ficha técnica de rufos, calhas, drenagem promovidos pela Tigre e Amanco.

Subprojetos como o de elétrica e hidráulica são dependentes de normas e manuais da concessionária local. Estes documentos estabelecem padrões de entrada e/ou metodologia para que ocorra a ligação correta da residência na infraestrutura local. No caso, sendo a residência a ser construída localizada em Ribeirão Preto, as principais fornecedoras de infraestrutura serão:

- Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), com sua Norma Técnica de Fornecimento em tensão Secundária de Distribuição.
- Departamento de Água e Esgoto de Ribeirão Preto (DAERP), com seu folheto orientativo para instalação de caixa de proteção para hidrômetro padrão DAERP e ligação de esgoto.

Em suma, um bom projeto não só dependerá da correta gestão de seu processo, , mas também da quantidade e diversidade de informações disponíveis para o seu desenvolvimento, sendo algumas delas: normas, manuais de fornecedores e exigências de concessionárias. A correta busca e consulta dessas informações facilitam a viabilidade, qualidade e segurança do empreendimento.

2.1.4 ESTUDO DA REGIÃO

Estudando a região de Ribeirão Preto é possível destacar dois fatores que influenciaram nas características físicas do empreendimento: o ambiental, representado pelo clima, e o entorno da região.

O clima da cidade é quente e seco. Por isto, fez-se necessária a adaptação da arquitetura para que se garantisse o conforto térmico no interior da residência ao longo do dia. Devido à grande insolação local, com baixo índice pluviométrico, fez-se possível a

consideração de um sistema de captação de energia solar por painéis solares para aquecimento da água.

Outra pesquisa realizada foi o levantamento das características das casas vizinhas ao terreno. Para o sucesso do empreendimento é primordial que a residência a ser construída esteja dentro de um padrão condizente ao de seus vizinhos. Por um lado, se o produto final estiver muito aquém das residências de seu entorno, seu valor se reduz apenas ao do valor do terreno. Isso ocorre pois o cliente optará por obras de expansão e reformas internas, de forma a ampliar a qualidade da residência. Por outro lado, se esta possuir um padrão muito elevado em uma área de menor valor, não haverá compradores dispostos a realizar o investimento, uma vez que poderiam adquirir um imóvel de igual qualidade em uma região que lhes fornecessem serviços e vizinhança mais adequados ao seu padrão de vida.

A seguir, são apresentadas algumas fotos dos elementos de comparação levantados. Essas imagens foram utilizadas para determinar o acabamento e estilo de construção das casas da vizinhança.



Figura 3 – Fotos de algumas casas de referência (fotos tiradas no primeiro semestre de 2013)

Para fazer o levantamento de dados foram realizadas visitas e ao longos dessas visitas foi elaborada a Tabela 1. Tal tabela tem como objetivo comparar o programa das casas da região com o proposto pelo cliente, bem como auxiliar na estimativa do valor de venda final da casa. Na Tabela 1 cada linha representa uma casa levantada (no mesmo condomínio do terreno proposto ou em condomínios próximos) e cada coluna representa uma característica encontrada nessas casas comparativas. Os dados da tabela foram conseguidos com imobiliárias locais, observação ou com os próprios moradores.

Tabela 1 – Características dos Imóveis da região

Imóveis Comparativos	Área Construída (m²)	Área do Terreno (m²)	Padrão Acabamento (R\$/m²)	Idade Aparente (anos)	Dormitórios	Sanitários	Suítes	Garagens 1: sem 2: com	Lazer Comum 1: inexistente 2: existente	Setor Urbano 1: popular 2: classe média 3: classe alta	Valor Unitário (R\$/m²)
1	350,00	500,00	2,00	5	4	4	3	2	1	2	2228,57
2	583,00	2368,00	2,00	25	4	5	4	2	1	3	3430,53
3	800,00	3000,00	2,00	15	4	4	2	2	1	2	1437,50
4	300,00	556,93	1,00	5	4	3	2	2	2	2	2400,00
5	480,00	1070,00	2,00	10	4	5	4	2	2	2	2500,00
6	747,48	1087,50	2,00	5	5	3	1	2	1	2	2274,31
7	300,00	450,00	2,00	2	4	5	4	2	1	2	1833,33
8	680,00	1087,00	2,00	2	4	5	4	2	1	2	2794,12
9	319,00	360,00	1,00	2	4	4	3	2	1	2	1567,40
10	1000,00	5800,00	2,00	20	3	5	3	2	1	3	3500,00
11	537,00	1208,00	2,00	5	4	5	4	2	1	3	3351,96
12	280,00	450,00	1,00	25	4	2	1	2	1	2	1928,57
13	430,00	670,00	2,00	10	4	2	1	2	1	2	1627,91
14	600,00	1268,00	2,00	10	3	4	3	2	1	2	2250,00
15	650,00	1024,00	2,00	20	4	4	3	2	1	3	1923,08
16	650,00	1200,00	2,00	2	4	5	4	2	1	3	2769,23
17	100,00	200,00		15	3	2	1	2	1	1	1400,00
18	179,18	176,00		10	3	2	1	2	1	2	2902,11
19	169,18	176,00		10	3	2	1	2	1	2	2955,43
20	179,18	176,00		10	3	2	1	2	1	2	3069,54
21	179,18	176,00		10	3	2	1	2	1	2	2790,49
22	49,00	64,00		1	2	2	1	1	1	1	2546,94
23	49,00	64,00		1	2	2	1	1	1	1	2546,94
24	85,00	200,00		5	3	2	1	2	2	2	2411,76
25	85,00	200,00		5	3	2	1	2	2	2	2411,76
26	165,04	114,00		5	3	2	1	2	1	2	1817,74
27	165,04	114,00		5	3	2	1	2	1	2	1635,97
28	167,00	307,61		5	3	2	1	2	2	2	2245,51
29	298,52	360,00		5	3	2	1	2	1	2	2177,41
30	179,18	176,00		5	4	2	1	2	1	3	2706,78
31	116,29	117,77		5	3	2	1	1	2	2	2149,80
32	116,29	111,77		5	3	2	1	1	2	2	1702,64
33	116,29	111,77		5	3	2	1	1	2	2	1702,64
34	48,08	112,50		10	2	1	0	1	1	2	2599,83
35	120,00	200,00		5	3	3	2	1	2	2	2000,00
36	100,00	277,00		10	3	2	1	2	2	2	2520,00
37	99,57	142,00		1	3	4	3	1	2	3	3153,56
38	250,00	300,00		2	3	4	3	2	2	3	3000,00
39	340,00	420,00		2	3	4	3	2	2	3	2882,35
40	258,00	300,00		5	4	4	3	2	1	2	2596,90
41	780,00	1138,00		5	5	6	5	4	1	3	3846,15
42	850,00	1132,00		5	6	7	6	4	1	3	3529,41
43	160,00	140,00		10	3	2	1	1	2	2	2375,00
44	130,00	157,00		10	2	2	1	2	2	2	2769,23
45	83,47	277,83		10	4	2	1	1	2	2	4552,53
46	120,00	277,00		10	3	3	3	1	2	2	3166,67
47	200,00	196,00		10	3	3	3	1	2	2	2400,00
48	250,00	550,00		15	3	2	1	2	1	3	3000,00

2.1.5 TOPOGRAFIA E SOLO

O terreno possui forma trapezoidal de 10 metros de frente, 25 metros de lateral e 12.5 metros de fundo totalizando um terreno de 281.37 m². A vizinhança pode ser vista na Figura 4.



Figura 4 – Localização do terreno do empreendimento (fonte: <https://maps.google.com.br/>)

Em uma pesquisa junto à prefeitura de Ribeirão Preto, não pode ser localizada a escritura do terreno com as divisas formais registradas; apenas foi possível reaver o levantamento topográfico realizado pelo condomínio para seu loteamento, e as indicações das medidas frontais, laterais e de fundo como indicado na Figura 5 em uma planta de bairro. O levantamento topográfico obtido foi utilizado apenas para um estudo prévio de topografia.



Figura 5 – Planta do bairro (fonte: Prefeitura de Ribeirão Preto)

O levantamento planialtimétrico para a análise mais detalhada da topografia e cálculo de movimentação de terra foi realizado com uma estação tipo Leica, obtida junto ao Laboratório de Topografia e Geodésia (LTG) da Escola Politécnica. Por se tratar de um terreno de pequenas dimensões, julgou-se desnecessário o uso do método ensinado na disciplina de PTR2201-Informações Espaciais I.

A metodologia de medição utilizada para o uso do aparelho foi orientada pelo técnico responsável Arildo Fernandes de Moraes, e se utiliza da função “Topografia Rápida” como descrita a seguir:

- Fixa-se a estação em um ponto próximo à calçada e nivela-se o equipamento.
- Confere-se e fixam-se as medidas de altura da estação total e prisma.
- Zera-se a “Ré”, ou seja, propõe-se um azimuth de referência zero em um ponto conhecido. No caso, escolheu-se o poste localizado próximo ao vértice esquerdo frontal do terreno.
- Irradia-se para os demais pontos os ângulos horizontais, verticais e distâncias.
- Recolhem-se os dados de pontos de divisa, de vegetação, de infraestrutura e pontos auxílios no estabelecimento de cotas para as curvas de nível.

A coleta de dados avançou para o terreno do vizinho lateral para que depois fosse possível encaixar as medidas de registro no levantamento topográfico.

Com altura da estação em 1.29m e altura do prisma em 1.28m, foram obtidos os dados apresentados na Tabela 2:

Tabela 2 - Locação de pontos de referência

Ponto	Tipo	Hz(graus)	V(graus)	Distância(m)
1	Poste de luz	0	87o 51'10"	7.003
2	Muro esquerdo	15o51'18"	86o06'43"	7.101
3	Muro esquerdo	46o45'33"	83o18'21"	9.046
4	Muro esquerdo	65o49'07"	83o39'59"	13.284
5	Muro esquerdo	75o22'02"	84o39'04"	18.277
6	Canto Esquerdo	83o06'17"	84o52'50"	26.755
7	Muro fundo	90o38'12"	85o14'16"	25.804
8	Muro fundo	100o17'32"	85o56'12"	25.445
9	Muro fundo	111o29'53"	87o11'02"	25.645
10	Muro fundo	121o12'08"	88o08'45"	26.419
11	Meio do terreno	116o28'31"	87o13'39"	18.042
12	Meio do terreno	97o56'31"	85o25'0"	15.262
13	Meio do terreno	77o57'49"	83o39'59"	8.645
14	Meio do terreno	120o58'42"	86o19'42"	7.607
15	Meio do terreno	167o27'19"	91o52'55"	3.36
16	Árvore	209o41'38"	96o24'11"	3.047
17	Entrada de Esgoto e Água	210o21'29"	95o52'53"	2.13
18	Calçada	233o29'00"	97o37'59"	2.673
19	Calçada	331o09'50"	92o07'41"	2.693
20	Calçada	356o10'40"	88o09'50"	7.145
21	Muro direito (fora do terreno)	192o38'27"	93o19'46"	12.765
22	Meio do terreno	82o53'56"	83o43'20"	5.365

Onde “Hz” é o ângulo horizontal medido, “V” o ângulo vertical e “D” a distância entre a estação e o prisma refletor.

Após a inserção dos dados no programa DataGeosis Office, obtiveram-se as curvas de nível do terreno, que resultou em uma topografia íngreme com elevação de 2.5 metros

do vértice frontal direito do terreno até o esquerdo de fundo, conforme consta no projeto de topografia e se pode verificar visualmente na Figura 6.



Figura 6 - Limites e inclinação do terreno

Embora a ABNT NBR 6122/1994 estabeleça que para o correto dimensionamento das fundações seja necessário o emprego de sondagem a simples percussão para determinação de estratigrafia, classificação do solo, posição do nível freático e medida do índice de resistência à penetração N_{spt} , é pouco usual em empreendimentos pequenos, de baixas cargas, fazer uso desse ensaio, devido ao seu alto custo relativo e nível de detalhamento acima do necessário. Assim, comumente faz-se a escavação de um poço de inspeção para determinar uma análise tátil-visual do solo e do nível de afloramento freático do local.

Outro método de inspeção está na simples coleta de informações junto à vizinhança. Assim, primeiramente, conversando com moradores, pode-se apurar que o solo de Bonfim Paulista, nas imediações do terreno, apresenta afloramento de matacões com a predominância do emprego de fundações em blocos unidos por baldrames. Com estes dados supõe-se não haver problemas no emprego de fundações diretas.

Em busca de bibliografia acadêmica que contivesse uma descrição do solo da região de Bonfim Paulista, chegou-se apenas em dados publicados com a caracterização dos solos de Ribeirão Preto em geral. Eles são de formação Serra Geral, com um variado de latossolo roxoso de predominância argilosa, segundo Elis e Zuquette (1998), e terra roxa estruturada de predominância também argilosa, segundo a própria secretaria de turismo de Ribeirão Preto.

2.1.6 MÉTODO CONSTRUTIVO

Escolha da tecnologia construtiva visa estudar e entender as vantagens e desvantagens de se empregar determinadas técnicas construtivas e soluções de projetos considerando-se prazo, economia e construtibilidade.

O sistema construtivo da residência deve ser escolhido com base em diversos critérios:

- Preço.
- Prazo de execução.
- Disponibilidade de material.

- Disponibilidade de mão de obra treinada.
- Adaptação à arquitetura.
- Garantia da qualidade do processo de execução.
- Integração com demais subsistemas.
- Quantidade de entulho gerada.

As alternativas disponíveis de tecnologia construtiva estrutural no mercado são:

- Estrutura convencional: estrutura reticulada maciça moldada in loco com uso de fôrmas de madeira. Embora o sistema se adapte a qualquer configuração arquitetônica e seja fácil achar mão de obra treinada para tanto, ele demanda grande tempo de confecção, alto custo e grande geração de resíduos de obra devido à extensiva utilização de formas de madeira cuja utilização não se repete.
- Alvenaria estrutural: estrutura cujos componentes de alvenaria desempenham função de suporte, sendo dimensionados por meio de cálculo racional. Sistema com baixa geração de resíduos, embora necessite de configurações arquitetônicas claramente modularizadas e emprego de mão de obra especializada.
- Estrutura mista: configuração em que os blocos, apesar de não serem estruturais, desempenham função de sustentação em conjunto com a estrutura constituída por pilaretes e cintas de amarração moldados apoiados à alvenaria. Há grande facilidade de se encontrar mão de obra e materiais para emprego dessa tecnologia, no entanto, esta tecnologia apresenta como desvantagem a alta geração de resíduos resultantes da quebra de bloco de vedação para integração com sistemas prediais e a falta de normalização para garantia de desempenho estrutural.

Dentre as alternativas de métodos para construção de lajes que se aplicam a este caso, encontram-se:

- Maciças moldadas no local cujas limitações são as mesmas descritas na estrutura convencional.
- Lajes pré-moldadas com vigotas protendidas: sistema de ampla utilização em residências, embora seja mais fácil de aplicar em configurações arquitetônicas retangulares (vão regulares), e elementos de enchimento entre as vigotas (cerâmicos ou de poliestireno). Possui prazo de execução reduzido, preço intermediário, se comparado às vigotas treliçadas (mais baratas) e sistema moldado no local (encarecido pelas formas). Sua maior desvantagem está na integração com sistemas prediais hidráulicos e elétricos, pois pode haver passagem que resulte na redução da capa de compressão da laje.
- Lajes pré-moldadas em vigotas treliçadas: semelhante à vigota protendida, estas diferem por permitir a passagem de sistemas prediais dentro da treliça; no entanto, por não ser protendida, necessita de maior armação para os mesmos vãos.

- Lajes pré-moldadas em painel: como sistema pré-moldado, possui características semelhantes as vigotas treliçadas, no entanto, o painel funciona como uma pré-laje, resultando em melhor acabamento na superfície inferior, facilidade de distribuição armadura negativa nas duas direções, o que em geral leva a uma melhor distribuição de esforços de alvenaria sobre a laje. Pode se ou não utilizar material de enchimento como lajotas cerâmicas ou blocos de poliestireno expandido. Facilita a integração com os sistemas prediais.

Para a escolha do método construtivo realizou-se uma matriz de decisão simplificada, apresentada na Tabela 3. Todos os critérios foram considerados com a mesma ponderação, considerou-se todos igualmente importantes, pois custo e prazo são inter-relacionados quando se trata de um produto com objetivo de comercialização e não se pode mais considerar como de menor importância a questão ambiental relacionada ao entulho (esse também influencia no custo). Por fim disponibilidade de mão de obra e materiais a serem utilizados, e adaptação a arquitetura constituem uma questão de viabilidade também relacionada ao preço e prazo, bem como a qualidade acaba por influenciar o valor final do produto, novamente relacionado à viabilidade da solução escolhida.

Na Tabela 3, foram dadas notas de 3 a 1. Sendo 3 é a pior nota e 1 a melhor, vendo-se através da somatória o sistema com menor pontuação a ser aplicado no empreendimento, e ocultando se a nota quando esta fosse igual entre todos os métodos. As notas foram adotadas dessa forma que critérios de preço e prazo fiquem diretamente proporcional.

Tabela 3 – Matriz de decisão do método construtivo (Estrutura e lajes)

	Estrutura			Laje			
Critério	Convencional	Alvenaria Estrutural	Mista	Maciça	Protendida	Treliçada	Painel
Preço	3	2	2	3	2	1	2
Prazo	3	1	2	3	2	2	1
Disp. Material	1	2	1	2	2	1	2
Disp. Mão de Obra	1	2	1				
Adap. Arquitetura	1	2	1	1	2	2	2
Qualidade do Processo	3	1	3	3	2	2	1
Entulho	3	1	3	3	2	2	1
TOTAL	15	11	12	15	12	10	9

Embora o sistema misto tenha uma diferença de nota pequena em relação à alvenaria estrutural, pois o primeiro apresenta alta facilidade nos quesitos de custo, disponibilidade de material em Ribeirão Preto e mão de obra treinada, argumenta se, que um trabalho de engenharia deve promover soluções racionalizadas de construção, com base em critérios de dimensionamentos objetivos de alto controle e qualidade, gerando menor impacto possível. Havendo a possibilidade de o projetista acompanhar o empreendimento durante sua construção, este poderá promover o treinamento eficiente da mão de obra aplicada, gerando a redução no prazo e desperdício de material, o que compensará a diferença de custo inicial. Desta forma, conclui-se que a alvenaria estrutural é a melhor opção dentre as estudadas. O bloco escolhido será de 14 cm de espessura em modulação de 30 por minimizar o uso de blocos compensadores.

Quanto às lajes, é possível verificar que uma vez descartada a moldada in loco, as lajes pré-fabricadas se apresentam muito semelhantes em pontuação, sendo o painel a opção selecionada.

Outras vantagens não consideradas na matéria podem ser relacionadas aos painéis: como há o emprego de concretagem para a capa do sistema, e sendo o preço da concretagem predominantemente condicionado pelo uso de bombas de concreto, o volume de concreto utilizado seria de baixo impacto orçamentário: há a possibilidade de se fazer melhor colocação dos sistemas prediais embutidos na laje; e espera-se um acabamento melhor.

2.1.7 ORÇAMENTO

O cliente pretende comercializar o produto fruto do projeto desenvolvido nesse trabalho. E como foi anteriormente citado não será feita uma análise profunda sobre a viabilidade desse empreendimento, devido à intenção do cliente de construir independente dessa avaliação. A seguir estão desenvolvidas as estimativas do custo e do valor final de venda do produto.

A Estimativa de custos

Primeiramente, será feito um orçamento preliminar com base no CUB/m² (Custo Unitário Básico), que é um indicador de custos do setor da construção civil, divulgado mensalmente em "<http://www.cub.org.br/>". Esse valor será utilizado para simples demonstrativo de adequação de metragem ao orçamento imposto.

Após a elaboração do projeto, será feito um orçamento detalhado, utilizando quantitativos específicos a partir do projeto.

Obteve-se do site supracitado o dado para abril de 2013, sendo o coeficiente em R\$1.412,14 por metro quadrado. Se tratando de uma casa de 200m² o custo de construção será de aproximadamente R\$280.000,00, somando-se o custo do terreno já adquirido de 150.000,00 obtém-se uma estimativa de custo total de R\$430.000,00.

B Projeção do valor final de venda

A norma NBR 14653 (2004) apresenta um roteiro de avaliação de preços de bens. O procedimento, que tem base em estudos estatísticos, se utiliza de uma equação que permite estimar o valor desse bem a partir de uma amostra de elementos semelhantes. A norma também fixa número mínimo de comparativos, teste dos parâmetros calculados com base em hipóteses pré definidas e resíduos máximos.

Atualmente, existem softwares preparados para esse tipo de análise (como o SisRen por exemplo). Nestes softwares é possível escolher entre diferentes equações que aproximam o resultado considerando o peso de cada variável no valor final. Porém na análise exposta fez-se uma aproximação linear, com pesos iguais, a título de entender o método de cálculo proposto pela norma.

Para o cálculo, utilizou-se os elementos comparativos apresentados na Tabela 1. As características nas colunas foram consideradas como uma matriz de variáveis, e os valores unitários um vetor de resposta. Obtendo-se uma equação do tipo:

$$R = C + \alpha \cdot x1 + \beta \cdot x2 + \gamma \cdot x3 + \dots$$

Onde:

R = estimativa do valor por metro quadrado;

C = constante estimada pelo método numérico dos mínimos quadrados, estudado nas disciplinas de Cálculo Numérico e Estatística;

α, β, γ = coeficientes de aproximação determinado pelo mesmo método numérico dos mínimos quadrados;

$x1, x2, x3$ = valor numérico das variáveis consideradas do empreendimento a ser avaliado (número de dormitórios, suítes e etc);

Gerou-se assim o equacionamento para o empreendimento com o preço de venda médio para o produto final de aproximadamente R\$600.000,00.

2.2 ANTE-PROJETO

O ante-projeto concluído foi apresentado no semestre anterior. As plantas de arquitetura finais estão apresentadas na Figura 7.

Nesse momento do desenvolvimento, não havia sido feita a decisão do método construtivo com base em critérios práticos, e sim adota a solução convencional devido à cultura local. Outro exemplo de solução utilizada nessa etapa é o uso de vigotas treliçadas e telhas cerâmicas, também devido a ser mais usual a região e, portanto, de maior facilidade para encontrar material e mão de obra treinada e mão de obra disponível.

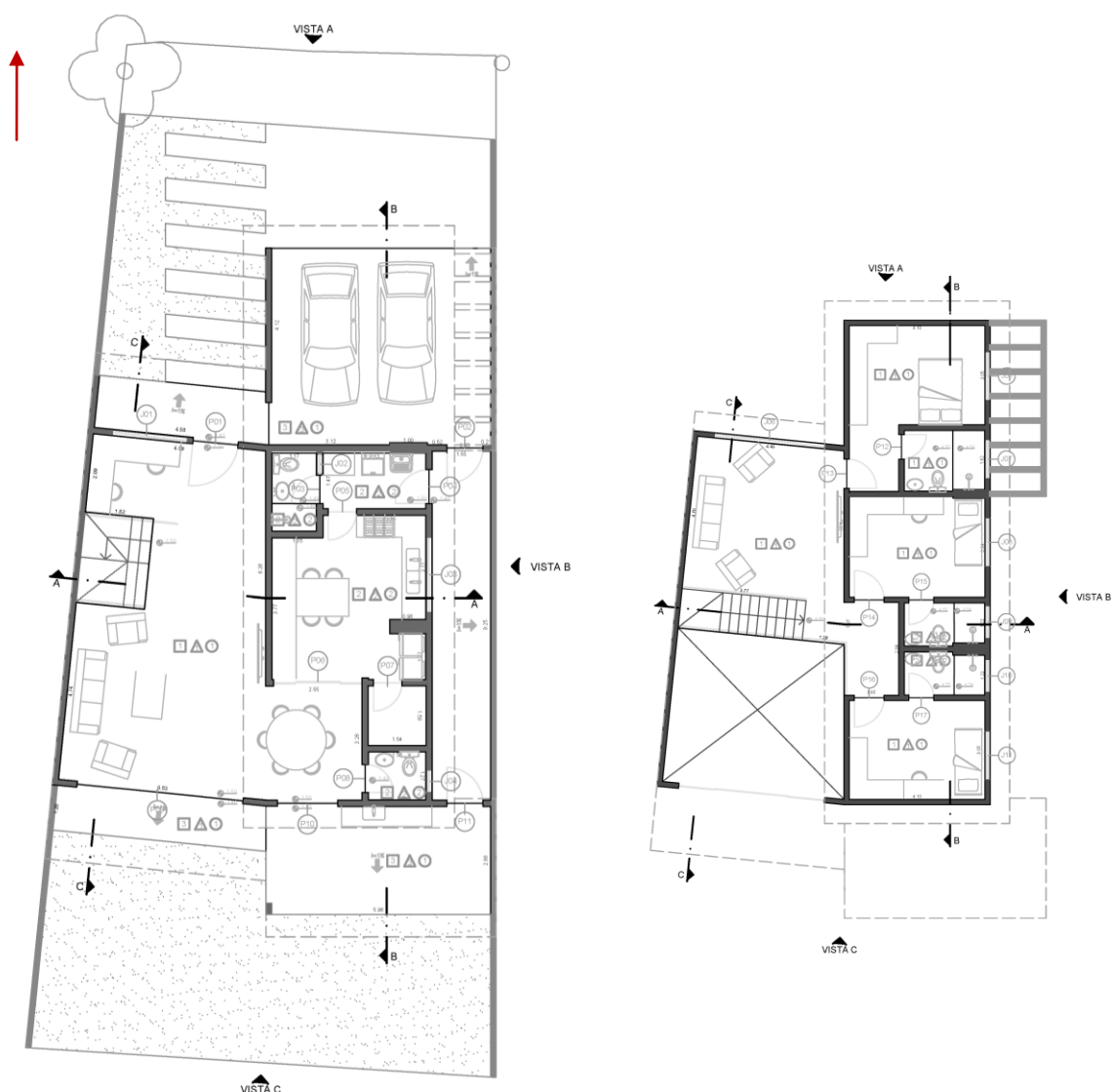


Figura 7 – planta de arquitetura do ante-projeto

O projeto foi apresentado para uma banca de professores e seus comentários e principais críticas estão apresentadas no item 2.3.

2.3 AVALIAÇÃO CRÍTICA DE PRIMEIRA ETAPA

Durante a apresentação do ante projeto vários comentários foram feitos a respeito das escolhas adotadas pelo grupo. As principais estão discadas a seguir.

A arquitetura foi caracterizada pelo atendimento do plano de necessidades do cliente procurando o maior aproveitamento possível dos recuos laterais criando uma casa com cômodos que não possuíam ângulo reto, com uso de vigas na área da garagem que necessitariam de altas taxas de armação, padronização das medidas dos cômodos e modulação da alvenaria entre os pilaretes. A topografia, realizada na coleta de dados, junto a percepção da cota da residência vizinha, acarretou em uma movimentação de terra que elevasse a residência gerando a necessidade de muros de arrimo.

As fundações foram concebidas como baldrames com existência de brocas sob os pilaretes estruturais, escolha que partiu da hipótese que embora o solo possua boa capacidade de suporte pela investigação local, a arquitetura da casa gerará pilaretes carregados que necessitarão de apoio em solo maior que apenas o baldrame simplesmente. O uso de blocos foi descartado por gerar grande volume de escavação. A escavação local descartou a hipótese de matacões aflorantes.

Os sistemas elétricos foram pre-dimensionados em distribuição de pontos baseados nas necessidades do usuário gerando um potencial de demanda alto, com padrão de entrada trifásico. O sistema hidráulico chegou ao patamar de pré-dimensionamento e traçado unifilar. A cobertura foi concebida em apoio de vigas de madeira em oitões de alvenaria, pois a arquitetura, com seu pé-direito duplo geraria a necessidade de se procurar por tal solução e, inicialmente, pensou-se em expandir a solução para toda a residência para se ganhar produtividade e volume de compra com fornecedores. As esquadrias, por sua vez, geravam grande área de insolação sendo uma porcentagem delas sujeitas a encomendas junto aos fornecedores por não serem produtos padrão de catálogo.

Terminados os subprojetos, estes foram avaliados por banca examinadora e constatou-se que diversas soluções adotadas iriam de encontro com as qualidades pretendidas para o mesmo dentro do contexto de aplicação de conhecimentos para engenharia civil.

Constatou-se principalmente que algumas soluções adotadas não eram coerentes com a premissa de construção racionalizada voltada para a comercialização. Sendo a principal o método construtivo adotado.

Primeiramente, o método construtivo de estrutura mista apresenta-se pouco racional, pois sua integração com os demais subsistemas gera altos volumes de entulho, bem como carece de um método de dimensionamento racional. Assim, para a segunda etapa do projeto, adotou-se a alvenaria estrutural como método construtivo, justificada pelos critérios da matriz de decisão simplificada (Tabela 1). A arquitetura, por sua vez, foi reformulada para se adaptar ao novo método construtivo, minimizar uso de vigas e elementos de difícil construtibilidade e principalmente para eliminar os ângulos não retos. No entanto, ela manteve o plano de necessidades do cliente, padronização das dimensões de cômodos, havendo apenas redistribuição dos espaços e modelagem de acordo com o novo gabarito e modulação de blocos.

O sistema predial elétrico apesar de voltado ao pensamento para o consumo, deverá ser minimizado com a diminuição do uso de eletrodutos, e pontos de controle de iluminação e retirada de chuveiros para que a potência consumida na residência de encontre dentro de padrões menos elevados.

A hidráulica, por sua vez, deverá ser melhor detalhada, com componentes discriminados e readequada à nova arquitetura.

Assim, para a segunda etapa, optou-se por uma reformulação do empreendimento e reconfeção dos projetos, pois embora isto limite o nível de detalhamento a ser gerado no produto final, a reconfeção seria necessária para se chegar aos critérios de qualidade pretendidos dentro do processo de projeto em engenharia civil, objetivo geral do presente trabalho.

3 SEGUNDA PARTE (DESENVOLVIMENTO DO PROJETO FINAL)

Nessa etapa foram desenvolvidos os projetos detalhados de cada subsistema, apresentados nos itens a seguir.

3.1 PROJETO DE ARQUITETURA

3.1.1 INTRODUÇÃO

O projeto de residência objeto desse trabalho foi desenvolvido para um cliente que poderia vir a alugar ou vender a residência depois de pronta. Mesmo que viesse a vender o produto, tinha uma ideia de como queria o projeto e, portanto, tinha um programa pronto.

O trabalho do grupo foi analisar esse programa e premissas do plano de necessidades (Item Plano de necessidade 2.1.2) e verificar o potencial custo do empreendimento, a fim de justificar escolhas como, por exemplo, de forma, método construtivo ou materiais utilizados.

Outros fatores levados em consideração no projeto foi o orçamento esperado.

3.1.2 REVISÃO DO PLANO DE NECESSIDADES

Em um primeiro momento, avaliando apenas o Programa de Necessidades, encontrou-se elementos nele descritos que não são totalmente compatíveis com um projeto que vise à venda ou mesmo locação, uma vez que o custo correspondente levaria, certamente, à diminuição do lucro no caso de comercialização do produto final.

São exemplos, as vagas cobertas, salas para “Home Theater” e, principalmente o pé direito duplo. Pois esses elementos implicam em aumento do custo de construção uma vez que impactam na área construída do edifício.

Porém, conforme apresentado no item 2.1.4 foram realizadas visitas ao local de implantação e levantadas as principais características das residências na vizinhança. E conforme os dados da visita apresentados na Figura 3 pode-se identificar que:

- As garagens sempre são para pelo menos dois veículos, e as cobertas são mais comuns que as descobertas (conforme fotos dos comparativos). Provavelmente devido ao clima quente e seco da região.
- Apesar de no condomínio existir uma área de lazer comum, a maior parte das casas tem sua própria área, pelo menos churrasqueira. Sendo que grande parte das casas instalam posteriormente piscinas de fibra.
- A maioria das casas possui um cômodo que pode ser flexivelmente utilizado como “Home Theater” ou escritório, em algumas casas é oferecida a opção de mais um dormitório.
- No interior ainda são comuns empregadas domésticas, por isso a necessidade de ter o vestiário e o banheiro separados. Casas que não possuem essa funcionalidade são desvalorizadas.
- O pé direito duplo pode ser considerada uma área cara, pois a mão de obra irá cobrar a construção da área do “vazio” como qualquer outro ambiente. Porém, é um elemento comum nas casas desse condomínio, sendo um elemento arquitetônico que valoriza o projeto e agrada os possíveis compradores.

Outros fatores considerados no projeto são os dormitórios serem todos suítes. Banheiros são cômodos caros devidos às peças sanitárias, e, portanto, deveriam ser minimizados a fim de construir uma casa com menor custo possível. Porém, assim como no caso do pé direito duplo, possíveis compradores esperam por uma residência onde cada integrante da família tem seu próprio banheiro, portanto, não ter as suítes poderia abaixar o valor de venda da casa.

Por fim, atualmente utiliza-se muito a cozinha americana para ganhar espaço em apartamentos, porém, no interior ainda não é muito aceito. Nas casas que possuem essa disposição de cômodos originalmente, os usuários optam por fechar com armários ou balcões.

3.1.3 DIRETRIZES DE PROJETO

Após a reflexão acerca do plano de necessidades, e conhecendo as características da região de Ribeirão Preto, adotaram-se as seguintes diretrizes para a elaboração do projeto que foram mantidas e acrescentadas nessa fase de revisão:

- Maior aproveitamento possível do espaço, respeitando-se os recuos mínimos, sendo um dos lados encostado na divisa.
- Orientação das principais aberturas (principalmente dos dormitórios) para o Leste, garantindo sol pelas manhãs.
- Poucas aberturas para a face Norte e maiores aberturas para a face sul, garantindo aproveitamento de iluminação natural, sem gerar desconforto térmico no interior da edificação devido ao clima quente de Ribeirão Preto.
- Sempre que possível os ambientes devem ter iluminação e ventilação naturais.

- Ambientes coletivos e de estar no pavimento térreo e ambientes privativos no andar superior.
- Circulação da residência pelas salas, evitando corredores.
- Concentração dos ambientes molhados para facilitar o acondicionamento de sistemas hidráulicos e de esgoto, bem como, o posicionamento da caixa d'água.
- Aproveitar o espaço sob o telhado para o acondicionamento da caixa d'água
- Uniformização de espessuras de paredes para garantir facilidade junto ao fornecedor e construtibilidade.
- Manter, o máximo possível, a continuidade de paredes entre os andares superiores e inferiores para transferir as cargas para a fundação.
- Uso de shafts na decida das prumadas para facilitar a manutenção e evitar desperdício de materiais em obra devido à quebra de paredes.
- Uso de esquadrias de alumínio (toda a interface com o meio externo) em dimensões comerciais. E portas de madeira no ambientes internos.
- Procurou-se utilizar os recuos frontais mínimos para que se pudesse aproveitar a área não construída do terreno como uma área de lazer interna, voltada para o fundo do terreno, garantindo maior privacidade.
- Entrada de serviço próxima ao depósito.

Considerou-se também o gabarito e legislação do zoneamento local, conforme enumerado do item 2.1.3.

3.1.4 ESTUDO PRELIMINAR

Desde o início do projeto, pensou-se em construir de forma racional. Por esse motivo o projeto foi pensado modularmente em módulos de 15 centímetros conforme a Figura 9 e Figura 8.

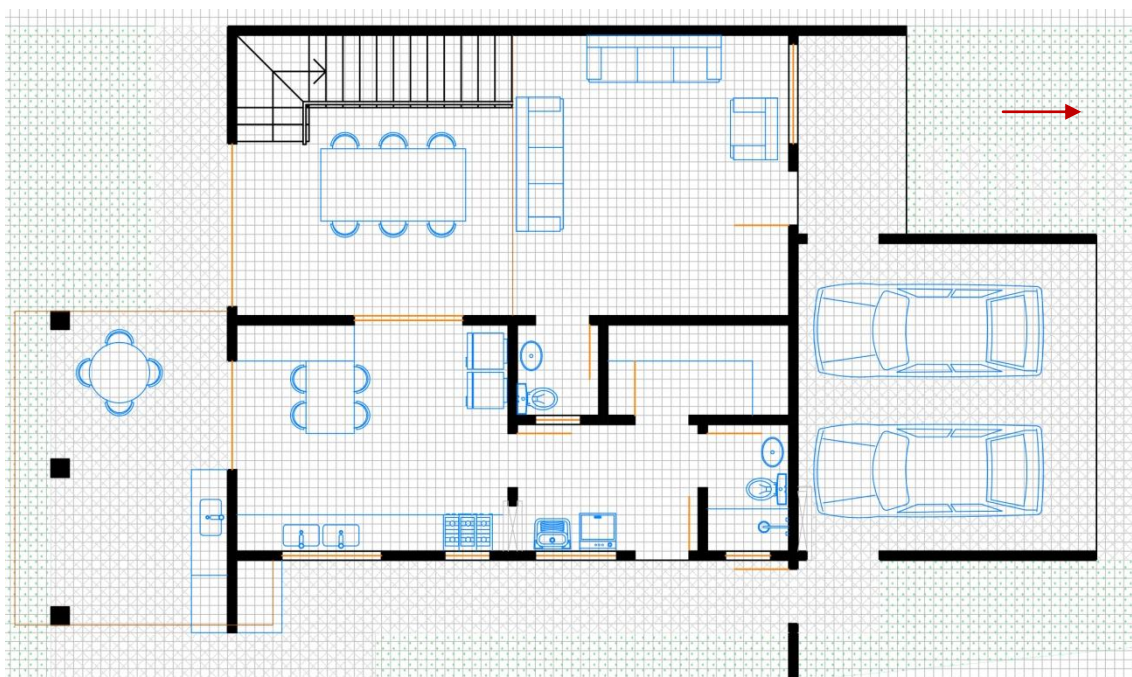
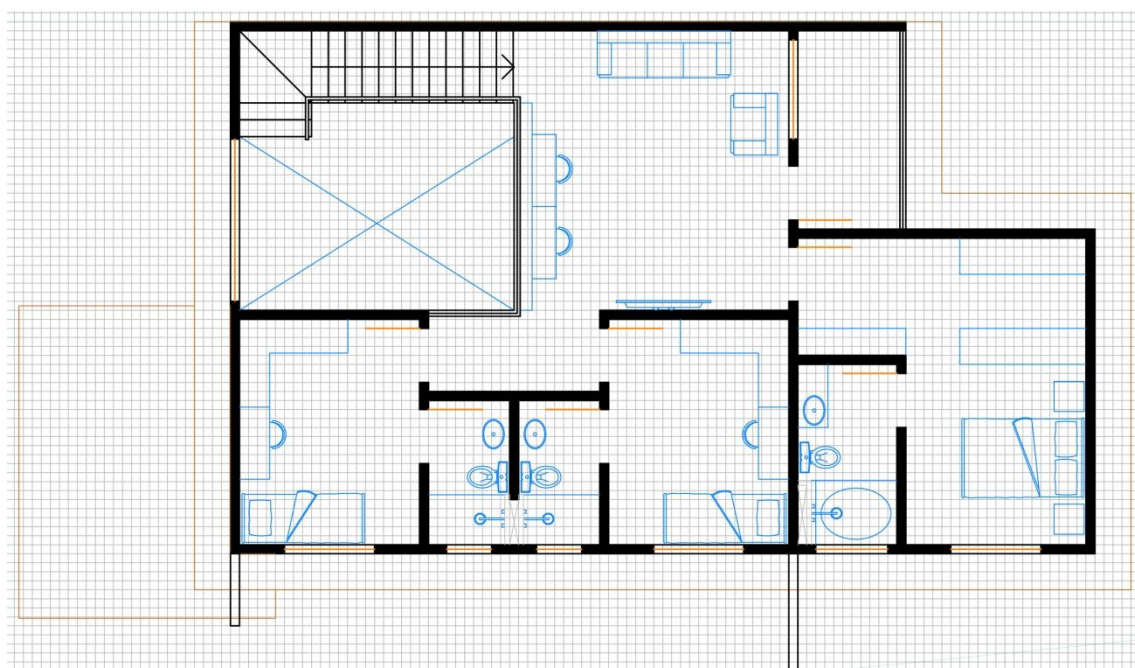


Figura 8 - Modularização do pavimento térreo



a 9 - Modulação do pavimento superior

Figur

A entrada da residência foi pensada de forma a abrigar os moradores ou visitantes quando de intempéries. Ambas são cobertas e com uma passagem entre elas. Há também uma entrada de serviço pela lateral da casa.

O projeto procurou garantir iluminação e ventilação naturais para todos os cômodos. Apenas não foi possível para o lavabo e o depósito que ficaram no centro da edificação. Esses foram destacados na Figura 10.

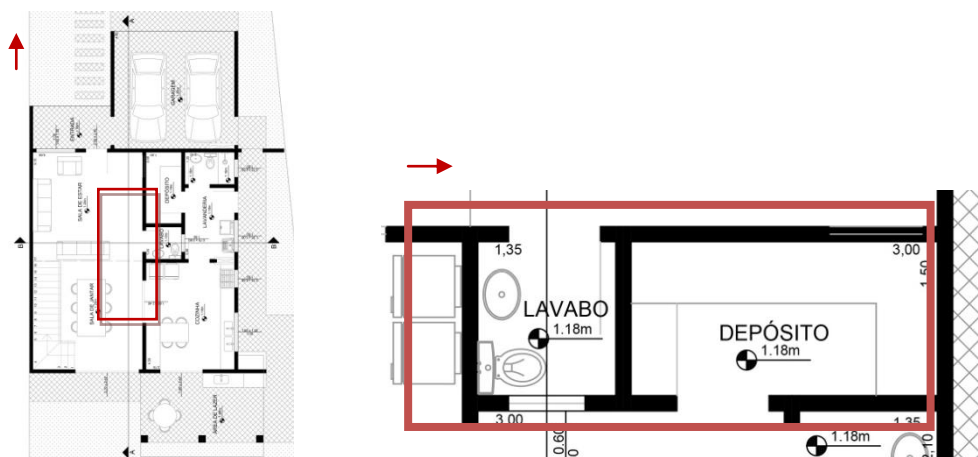


Figura 10 - Detalhe lavabo e depósito

Os ambientes de estar, ampliados na Figura 11, atualmente são projetados para funcionarem também como a circulação da edificação, evitando corredores. Assim, nesse projeto a sala de estar em conjunto com a de jantar comunica praticamente todos os outros cômodos desse andar bem como a escada que leva ao pavimento superior. Há também um pé direito duplo e uma grande porta de vidro que leva ao jardim ou área de lazer

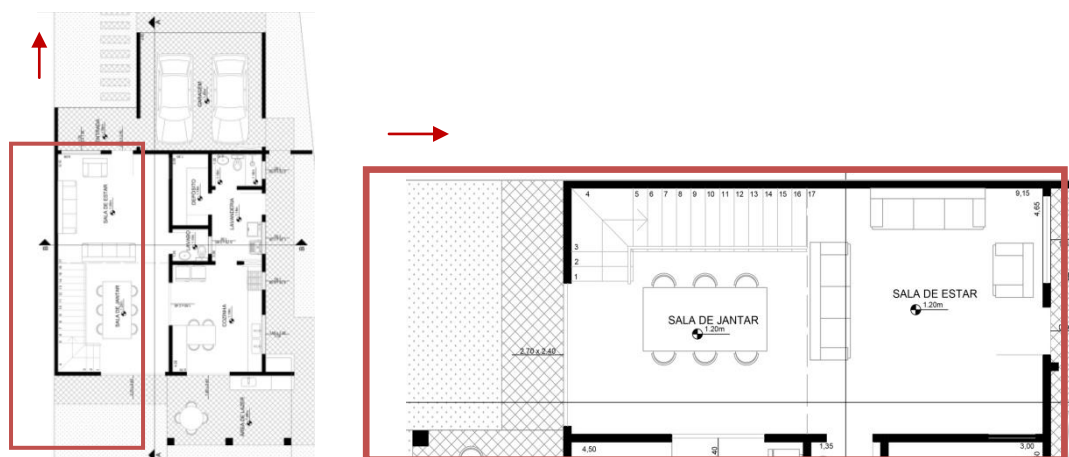


Figura 11 - Ambientes de estar

As aberturas para a área de lazer são grandes e voltadas para o sul, a fim de evitar que o sol entre diretamente pela abertura aquecendo os ambientes internos. Nesse caso também foram utilizadas janelas acima da porta para a área de lazer para garantir ventilação mesmo com as portas fechadas.

A integração entre todos os ambientes de estar destacada no item anterior é visualizada na Figura 12. Para tal, os ambientes não são separados por paredes e sim apenas por portas ou peitoril de vidro que permitem a visibilidade. Em função do pé direito duplo, também se pode considerar integrada a sala íntima no piso superior.

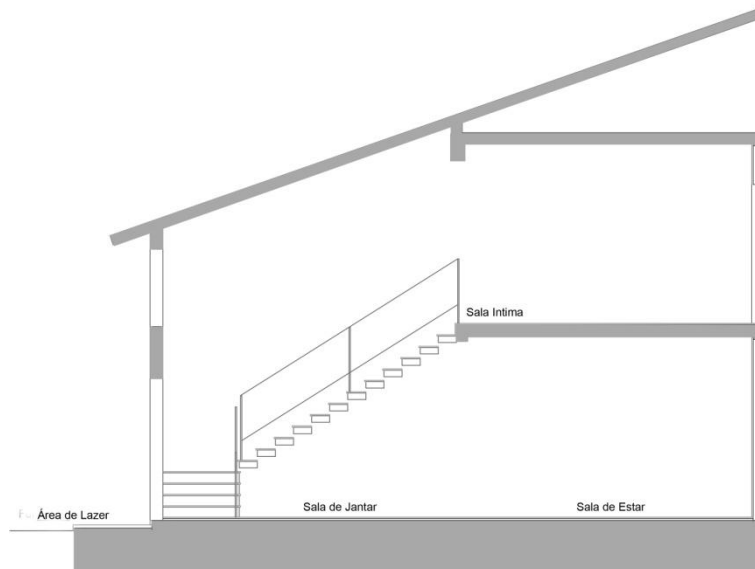


Figura 12 - Corte dos ambientes de coletivos de estar

A cozinha foi segregada dos outros ambientes, como os de estar, para evitar que fumaça ou outros odores se dissipassem pela casa e chegassem aos quartos. Porém, ela se comunica com a área de churrasqueira, por serem usos semelhantes, e com as áreas de serviço devido à concentração dos ambientes molhados, uma das diretrizes de projeto. Pode-se observar essa relação na Figura 13.

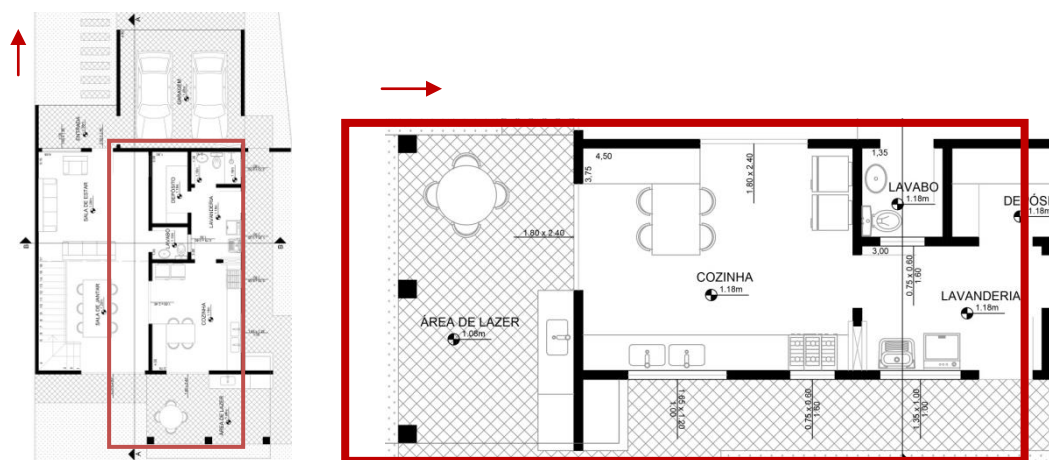


Figura 13 - cozinha churrasqueira e área de serviço

A sala intima, por sua vez, tem um papel parecido com a sala de estar. Ela funciona como circulação dos quartos e área de convívio mais reservada para a família. Como observado na Figura 14.

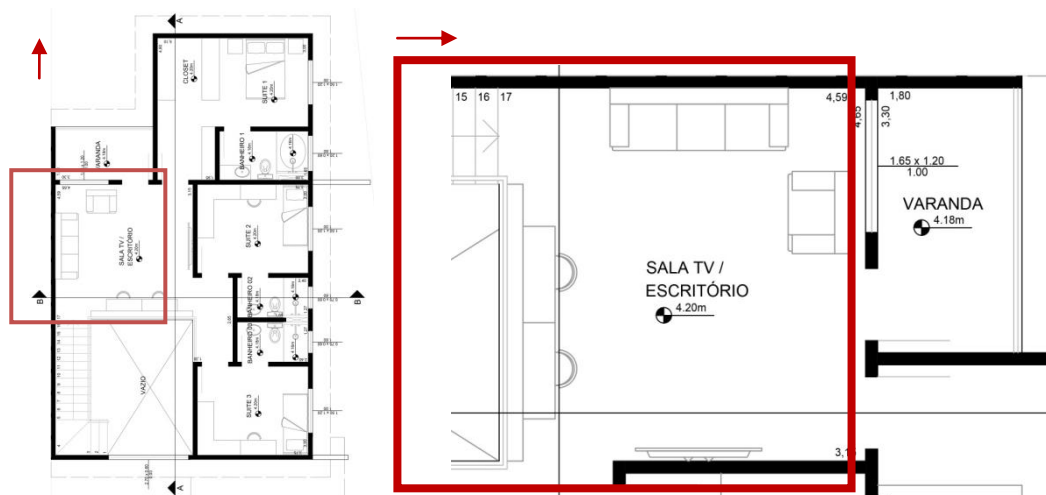


Figura 14 - Sala íntima

Conforme as diretrizes, todos os quartos tiveram suas aberturas orientadas para o leste, garantindo insolação adequada e conforto. Os dormitórios foram pensados com tamanhos iguais para seguir a modulação apresentada anteriormente, sendo a suíte principal maior na largura devido à maior largura necessária na garagem, ambiente abaixo dela, o que criou espaço para um closet. Detalhes dos quartos estão apresentados na Figura 15.

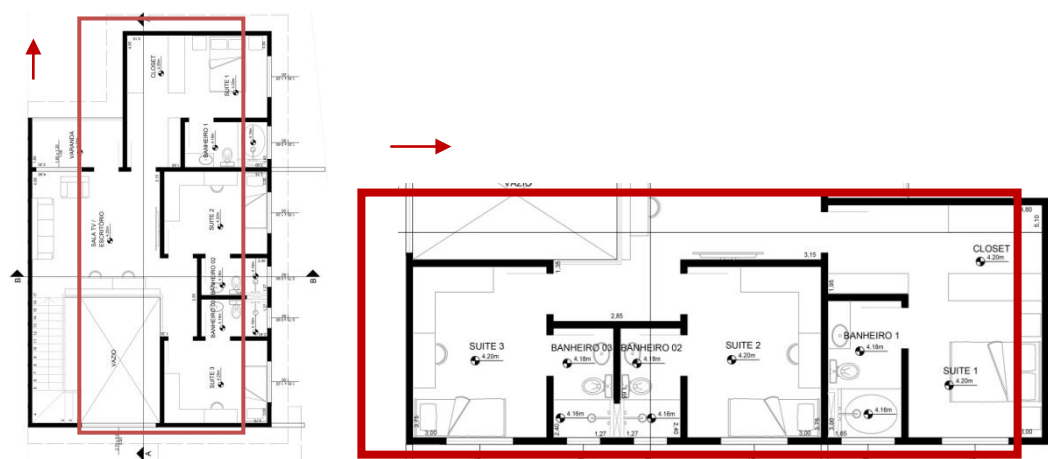


Figura 15 - detalhe dos quartos

3.1.5 ABERTURAS E ESQUADRIAS

Pela construtibilidade e racionalização, optou-se por utilizar esquadrias de alumínio com fixação com argamassa, para tal seria necessário um vão muito regular, de tamanhos comerciais. Os vãos foram projetados de forma a atender as folgas mínimas necessárias e se encaixarem na modulação.

Espera-se que com o uso dessas esquadrias seja possível reduzir o custo de construção.

A Figura 16 apresenta o método de instalação da esquadria utilizada.



Figura 16 - Esquadrias de alumínio

Fonte: <http://www.sasazaki.com.br/>

A portas internas serão feitas de madeira enquanto que as externas serão de alumínio utilizando o mesmo método das janelas.

3.1.6 ACABAMENTOS

Pela facilidade de controle de estoque e de obra, bem como pensando em menor custo, optou-se por utilizar a menor variedade de revestimentos possível.

Todos os ambientes internos terão o mesmo revestimento de piso, um porcelanato acetinado claro, próximo do branco. O uso do mesmo piso e da cor clara também aumentará a sensação de amplitude devido à continuidade.

Nos ambientes externos as calçadas serão revestidas por cerâmicas cinza antederrapante.

Nas áreas molhadas as paredes serão revestidas do chão ao teto. No andar térreo por cerâmica branca e fosca, sendo o módulo da cerâmica compatível com o do piso. Enquanto no piso superior serão utilizadas pastilhas brancas e foscas. O forro desses ambientes receberá uma pintura acrílica branca.

Todos os outros ambientes internos terão suas paredes revestidas por pintura PVA comum branca.

Externamente será utilizada pintura texturizada sobre massa única (revestimento de argamassa). As paredes dos quartos receberão frisos na pintura, objetivando-se que esse tratamento quebra a monotonia das grandes fachadas.

3.1.7 ESCADA

A escada deve ser uma estrutura leve; para tal, foi adotada uma escada em cascata com corrimãos de vidro.

Dada à dificuldade de se produzir uma fôrma e armar tal escada, será utilizado um sistema de escadas pré moldadas com uma viga central bi apoiada com os degraus apoiados. Os degraus deverão ser revestidos com o mesmo piso utilizado no restante da casa. A Figura 17 apresenta detalhes do sistema construtivo da escada proposta.



Figura 17 - Método construtivo da escada

Fonte: <http://www.resistech.com.br/escadas>



Figura 18 - Exemplo do tipo de escada proposto

Fonte: <http://www.resistech.com.br/escadas>

3.1.8 QUADRO DE ÁREAS

Os cômodos, com suas respectivas áreas e áreas são apresentados na Tabela 4 - Quadro de áreas.

Tabela 4 - Quadro de áreas

	Ambiente	Área
Térreo	Garagem	25.25
	Varanda de entrada	5.94
	Sala de estar	21.27
	Sala de jantar	19.16
	Cozinha	16.88
	Lavabo	2.03
	Lavanderia	6.30
	Depósito	4.50
	Banheiro Serviço	2.84
	Área de Lazer	15.21
Pav Superior	Escada	4.03
	Sala Tv/ Escritório	21.27
	Circulação	3.85
	Suíte 01	10.80
	Banheiro 01	4.95
	Closet	8.01
	Suíte 02	11.25
	Banheiro 02	3.24
	Suíte 03	11.25
	Banheiro 03	3.24
	Varanda externa	5.94
	Total	207.21

3.1.9 MAQUETE ELETRÔNICA

Para ajudar a visualização do resultado final, foi desenvolvida uma maquete eletrônica do projeto. Para tal, se fez uso do programa 3D StudioMax, que possui facilidade de compatibilização e transferência de dados de e para o AutoCAD, por ser do mesmo fabricante, a Autodesk. Assim, a representação 3D pode ser criada mais facilmente a partir dos desenhos preliminares.

Outra funcionalidade desse software é o sistema de iluminação que simula a luz natural do sol no interior da edificação. Os *renders* apresentados (Figura 19) a seguir mostram como seria o projeto final e sua iluminação incidente considerando-se a posição solar no mês de setembro por parte da manhã.



Figura 19 – Renders ilustrativos do projeto final

3.1.10 QUANTITATIVOS E CUSTOS

Tabela 5 – Quantitativos de esquadrias e acabamentos

		Material	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo total
Nível 1,2	forro	Forro: placa e perfis	56,24	m²	R\$ 24,59	R\$ 1.382,94
		Tinta acrílica	28,05	m²	R\$ 8,73	R\$ 244,88
	Revestimento de piso	Argamassa de contrapiso	116,38	m²	R\$ 21,12	R\$ 2.457,95
		Impermeabilização com membrana acrílica	11,17	m²	R\$ 20,72	R\$ 231,44
		Argamassa colante	116,38	m²		R\$ -
		Porcelanato	72,98	m²	R\$ 136,00	R\$ 9.925,28
		Rodapé porcelanato	75,9	m	R\$ 20,92	R\$ 1.587,83
	Revestimento de parede interno	Cerâmica para piso	115	m²	R\$ 36,81	R\$ 4.233,15
		Chapisco Rolado	227,7	m²	R\$ 4,06	R\$ 924,46
		Gesso	109,8	m²	R\$ 13,90	R\$ 1.526,22
		Tinta PVA	109,8	m²	R\$ 8,65	R\$ 949,77
		Emboço de argamassa	117,9	m²	R\$ 21,49	R\$ 2.533,67
		Cerâmica parede	117,9	m²	R\$ 31,90	R\$ 3.761,01
		Pastilhas cerâmicas	0		R\$ 31,90	R\$ -
		Revestimento de parede externa	Textura	197,4	m²	R\$ 14,97
	Revestimento teto	Chapisco Rolado	55,64	m²	R\$ 4,06	R\$ 225,90
		Gesso	55,64	m²	R\$ 12,85	R\$ 714,97
		Tinta Acrílica	0	m²	R\$ 8,73	R\$ -
	Esquadrias	Tinta PVA	88,33	m²	R\$ 8,65	R\$ 764,05
		Argamassa fixação	34,29	m²	R\$ 29,37	R\$ 1.007,10
		Porta de madeira (90x240)	4	unidade	R\$ 269,75	R\$ 1.079,00
		Porta de alumínio	1	unidade	R\$ 456,50	R\$ 456,50
		Porta de alumínio principal	1	unidade	R\$ 1.069,90	R\$ 1.069,90
		Porta do alcapão	1	unidade	R\$ 329,62	R\$ 329,62
		Porta abrigo de gás	1	unidade	R\$ 165,78	R\$ 165,78
		Janela Maxim-ar sem grade 60 x 60 x 4,7	3	unidade	R\$ 189,50	R\$ 568,50
		Janela de correr sem divisão sem bandeira projetante sem grade 4 folhas 120 x 150 x 4,74	2	unidade	R\$ 545,75	R\$ 1.091,50
		Janela de correr sem divisão sem bandeira projetante sem grade 4 folhas 120 x 120 x 4,74	1	unidade	R\$ 591,71	R\$ 591,71
		Porta de correr com divisão central 4 folhas 216 x 250 x 8,7	1	unidade	R\$ 1.064,75	R\$ 1.064,75
		Porta de correr com divisão central 2 folhas 216 x 160 x 8,7	2	unidade	R\$ 883,60	R\$ 1.767,20
	Metalicos	Parapeitos	0	m	R\$ 52,19	R\$ -
		corrimão	4,19	m	R\$ 52,19	R\$ 218,68
	Pré-moldados	vidro	4,19	m²	R\$ 59,98	R\$ 251,32
		Escada pré-moldada com viga	1	unidade	R\$ 5.700,00	R\$ 5.700,00
	Pedra	Soleira (portas e janelas)	17,7	m	R\$ 90,67	R\$ 1.604,86
		Bancadas de pedra (banheiros, cozinhas)	5,15	m	R\$ 228,47	R\$ 1.176,62
					Soma	R\$ 52.561,63
Nível 1,2	forro	Forro: placa e perfis	0	m²	R\$ 24,59	R\$ -
		Tinta acrílica	0	m²	R\$ 8,73	R\$ -
	Revestimento de piso	Argamassa de contrapiso	87,83	m²	R\$ 21,12	R\$ 1.854,97
		Impermeabilização com membrana acrílica	11,43	m²	R\$ 20,72	R\$ 236,83
		Argamassa colante	87,83	m²		R\$ -
		Porcelanato	87,83	m²	R\$ 136,00	R\$ 11.944,88
		Rodapé porcelanato	170,41	m	R\$ 20,92	R\$ 3.564,98
	Revestimento de parede interno	Cerâmica para piso	0	m²	R\$ 36,81	R\$ -
		Chapisco Rolado	511,23	m²	R\$ 4,06	R\$ 2.075,59
		Gesso	439,29	m²	R\$ 13,90	R\$ 6.106,13
		Tinta PVA	439,29	m²	R\$ 8,65	R\$ 3.799,86
		Emboço de argamassa	71,94	m²	R\$ 21,49	R\$ 1.545,99
		Cerâmica parede	0	m²	R\$ 31,90	R\$ -
		Pastilhas cerâmicas	71,94	m²	R\$ 31,90	R\$ 2.294,89
		Revestimento de parede externa	Textura	220,725	m²	R\$ 14,97
	Revestimento teto	Chapisco Rolado	77,86	m²	R\$ 4,06	R\$ 316,11
		Gesso	77,86	m²	R\$ 12,85	R\$ 1.000,50
		Tinta Acrílica	11,43	m²	R\$ 8,73	R\$ 99,78
		Tinta PVA	66,43	m²	R\$ 8,65	R\$ 574,62
	Esquadrias	Argamassa fixação	24,12	m²	R\$ 29,37	R\$ 708,40
		Porta de madeira (90x240)	6	unidade	R\$ 269,75	R\$ 1.618,50
		Porta de alumínio	1	unidade	R\$ 456,50	R\$ 456,50
		Porta do alcapão	1	unidade	R\$ 329,62	R\$ 329,62
		Porta abrigo de gás	0	unidade	R\$ 165,78	R\$ -
		Janela Maxim-ar sem grade 60 x 60 x 4,7	2	unidade	R\$ 189,50	R\$ 379,00
		Janela Maxim-ar Duplo Horizontal sem grade 60 x 120 x 4,7	1	unidade	R\$ 267,90	R\$ 267,90
		Janela de correr com divisão central 4 folhas 216 x 250 x 8,7	1	unidade	R\$ 730,70	R\$ 730,70
		Janela de correr sem divisão sem bandeira projetante sem grade 4 folhas 120 x 150 x 4,74	1	unidade	R\$ 545,75	R\$ 545,75
		Janela com venesiana integrada 3 folhas 120 x 120 x 11,8	3	unidade	R\$ 768,40	R\$ 2.305,20
		Metalicos	Parapeitos	5,17	m	R\$ 52,19
	corrimão		0	m	R\$ 52,19	R\$ -
	vidro		5,17	m²	R\$ 59,98	R\$ 310,10
	Pré-moldados	Escada pré-moldada com viga	0	unidade	R\$ 5.700,00	R\$ -
	Pedra	Soleira (portas e janelas)	15,15	m	R\$ 90,67	R\$ 1.373,65
		Bancadas de pedra (banheiros, cozinhas)	0	m²	R\$ 228,47	R\$ -
						Soma
Total					R\$	100.576,16

3.1.11 CONCLUSÃO

Houve muitas dificuldades na implantação do projeto devido ao desnível do terreno. Inicialmente pretendia-se nivelar a residência no nível médio para compatibilizar o corte e o aterro. Porém, outros fatores tiveram de ser considerados, tais como a inclinação máxima da rampa da garagem e a altura do vizinho, no lado do recuo, para que esse não fizesse sombra na abertura dos quartos, uma vez que o posicionamento dos quartos foi o principal partido arquitetônico utilizado. Finalmente, optou-se por um nível pouco acima do médio, 20 centímetros, o que não desbalanceou o corte e aterro devido às rampas necessárias.

As aberturas do quarto voltadas para o leste foi um requisito do projeto desde o seu início; não por vontade do cliente mas do grupo de projetistas que buscou produzir um produto eficiente energeticamente e com qualidade. Essa escolha acabou por trazer alguns problemas como, por exemplo, os altos telhados, devidos ao comprimento do conjunto dos quartos, e a dificuldade de implantar a garagem sem a necessidade de vigas de transição, já que o projeto foi feito em alvenaria estrutural. Ao final, a altura do telhado acabou sendo útil como abrigo das caixas d'água.

A escada foi, sem dúvida, uma das partes mais difíceis de serem resolvidas; foi o elemento que mais mudou de local e forma durante o desenvolvimento do projeto. Grande parte da dificuldade encontrada decorreu da falta de experiência do grupo em conhecer disposições possíveis, suas vantagens e desvantagens.

Outro problema muito comum foram os cômodos com muitos acessos, como as salas de estar e íntima e a cozinha. Devido ao grande número de caminhos possíveis, muitas vezes foi difícil definir usos sem deixar espaços mortos ou perdidos.

Por fim, uma dificuldade não exatamente técnica mais pessoal, foi encontrar soluções do gosto do grupo e professores, visto que gosto é um conceito relativo, algumas soluções adotadas não foram de decisão unânime.

3.2 PROJETO DE IMPLANTAÇÃO E MOVIMENTO DE TERRA

3.2.1 INTRODUÇÃO

O terreno possui um desnível de aproximadamente 2,5m, sendo o canto direito da frente a parte mais baixa e o canto esquerdo do fundo a parte mais alta, como pode ser perceber na Figura 20.

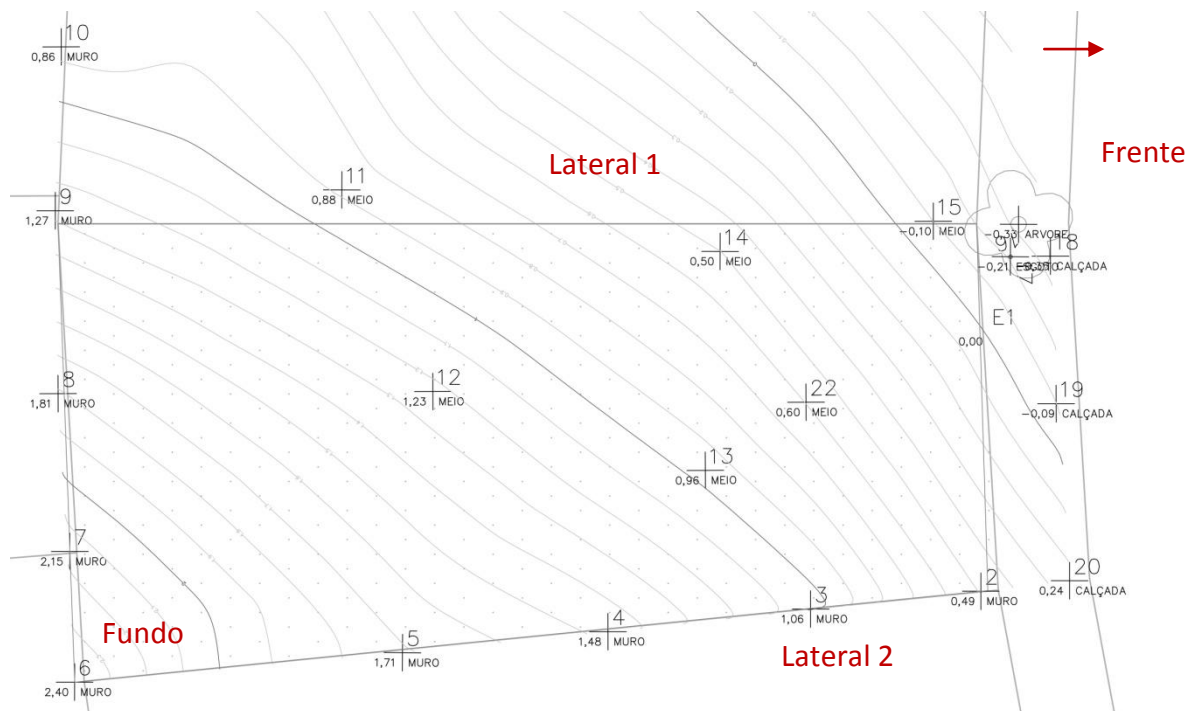


Figura 20 - Levantamento topográfico do terreno

Procurou-se implantar a casa de forma a evitar que essa ficasse muito abaixo da cota do vizinho da lateral 2 e de forma a evitar a importação ou exportação de terra. Outro fator limitante para o nível de implantação foi a inclinação máxima da rampa da garagem.

A Figura 21 apresenta os patamares finais adotados com sua denominação que será utilizada na de calculo.

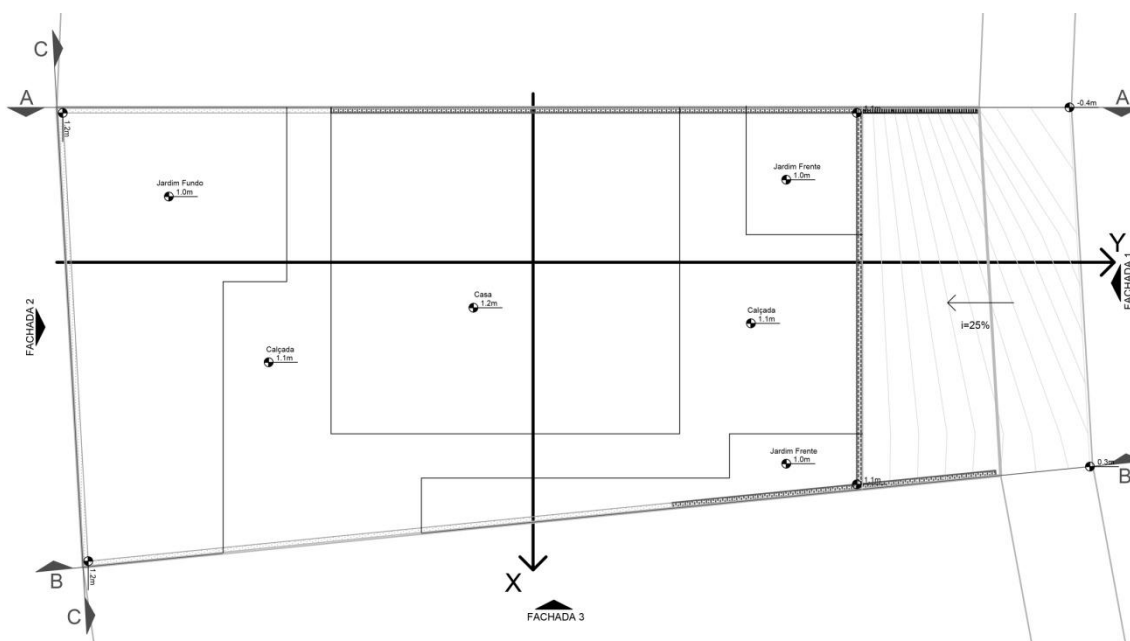


Figura 21 - Patamares finais de implantação

3.2.2 DIMENSIONAMENTO

Para compatibilizar os volumes foi calculado o volume total de terra original do terreno e o final, considerando o nível 0 como referência. Assim foi possível estimar os volumes de terra movimentados e que seriam que ser descartados. Os valores foram apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Volume de terra original e final

curva	area (m ²)	volume (m ³)		Patamar	curva	area (m ²)	volume (m ³)
-0.3	0.8	-0.3		calçada	1.1	77.1	84.81
-0.2	2.4	-0.6		casa	1.2	83.9	100.68
-0.1	4.3	-0.6		jardim fundo	1.1	72.3	79.53
0	5.5	0.0		jardim frente	1	18.2	18.2
0.1	7	0.4		rampa	-0.3	0.8	-0.28
0.2	8.5	1.3			-0.2	2.4	-0.6
0.3	10	2.5			-0.1	2.3	-0.345
0.4	10.6	3.7			0	2.5	0
0.5	13.5	6.1			0.1	2.9	0.145
0.6	12.5	6.9			0.2	3.3	0.495
0.7	13	8.5			0.3	5.5	1.375
0.8	20.5	15.4			0.4	4.8	1.68
0.9	19.9	16.9			0.5	5.4	2.43
1	15.5	14.7			0.6	5.8	3.19
1.1	18.2	19.1			0.7	5.6	3.64
1.2	19.1	22.0			0.8	6.4	4.8
1.3	21.5	26.9			0.9	6.1	5.185
1.4	16	21.6			1	5.3	5.035
1.5	15.7	22.8					
1.6	18.3	28.4					
1.7	16.2	26.7					
1.8	12	21.0					
1.9	7.4	13.7					
2	8.5	16.6					
2.1	6.1	12.5					
2.2	4.1	8.8					
2.3	2.5	5.6					
2.4	1	2.4					
Volume total de terra original		322.7		Volume total de terra final			309.97

Assim chegou-se a um volume de descarte de 12.7 metros cúbicos, e um volume movimentado estimado em 160 metros cúbicos.

3.3 PROJETO DE ALVENARIA

3.3.1 INTRODUÇÃO

Alvenaria estrutural não foi o primeiro método construtivo estudado pelo grupo para esse projeto. Porém, considerando-se que:

- a alvenaria estrutural constitui um método racionalizado que gera menores custos de construção e menores desperdício;
- O projeto arquitetônico foi idealizado a partir de malha modular, o que praticamente induz à escolha de alvenaria estrutural como método construtivo;
- No projeto foram previstas a concentração das instalações prediais, política que favorece a utilização desse método;

- O emprego de alvenaria estrutural minimiza a variedade de matérias, uma vez que evita-se o emprego de fôrmas e escoramentos para vigas e pilares;
- Mesmo que a construção com bloco estrutural gere maior custo das vedações, ela traz economias em revestimentos. Pode-se utilizar camadas mais final dada a superfície regular das paredes.

Inicialmente esse método foi descartado devido à cultura do local onde será construída a edificação. Certamente haverá dificuldades na contratação da mão de obra local. Porém, acreditou-se ser possível vencer essas barreiras e, o seu emprego, seria uma oportunidade de aplicar os conhecimentos adquiridos ao longo do curso de engenharia civil.

Ainda que não tenham sido identificadas residências unifamiliares que empregassem esse método construtivo na região de Ribeirão Preto, observou-se o seu emprego em edifícios residenciais de múltiplos pavimentos, o que pareceu tornar viável a opção.

3.3.2 MODULAÇÃO

Conforme apresentado no item 3.1 o projeto arquitetônico era modulado em 30 centímetros e, portanto, automaticamente adotaram-se blocos da família 29.

Essa família foi escolhida porque tem grande número de elementos compensadores disponíveis. Outra razão dessa escolha foi a facilidade de amarração no encontro de paredes devido a espessura do bloco ser equivalente a um módulo, dessa forma garantindo melhor maior facilidade construtiva e melhor acabamento.

3.3.3 ESCOLHA DO BLOCO

Procurou-se fornecedores em Ribeirão Preto que distribuem blocos dessa família para consultar as peças disponíveis.

Inicialmente optou-se por blocos cerâmicos, pois em cidades no interior blocos de concreto são associados a bloco de má qualidade. Porém, devido a possível concentração de cargas em poucos blocos, vista a concentração de aberturas da parede lateral conforme apresentado na Figura 22, chegou-se a uma resistência de bloco de 6Mpa (Conforme ITEM X) e para essa resistência há uma maior disponibilidade de blocos de concreto do que cerâmicos.

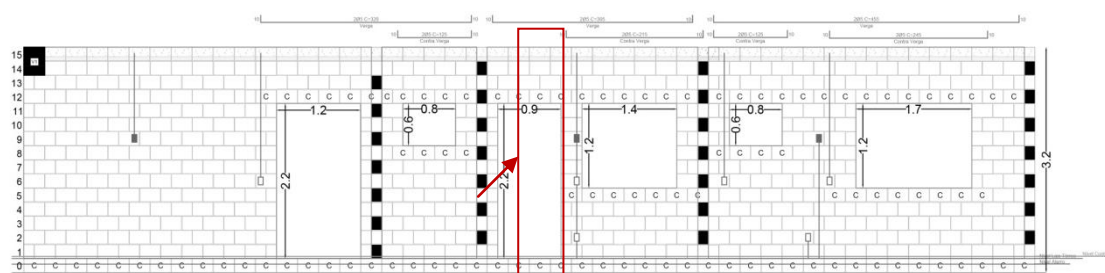


Figura 22 - Exemplo de elevação de parede com alta concentração de aberturas

Assim, a família de blocos adota está apresentada na Figura 23.

ME1515	MEIO BLOCO	14 cm x 19 cm x 14 cm	4 kg	
 Adicionar ao Orçamento				
ME1530	BLOCO	14 cm x 19 cm x 29 cm	8,7 kg	
 Adicionar ao Orçamento				
ME1545	BLOCO COMPLEMENTAR	14 cm x 19 cm x 44 cm	13,2 kg	
 Adicionar ao Orçamento				
MC1530	CANALETA U	14 cm x 19 cm x 29 cm	10 kg	
 Adicionar ao Orçamento				
MCJ1515	CANALETA J	14 cm x 19/7 cm x 14 cm	3,4 kg	
 Adicionar ao Orçamento				
MCC1515	BLOCO COMPLEMENTAR	14 cm x 7 cm x 14 cm	2 kg	
 Adicionar ao Orçamento				

Multibloco

<http://www.multibloco.com.br/produtos/lista.asp?grupo=6&subgrupo=6>

<http://www.multibloco.com.br/produtos/lista.asp?grupo=11&subgrupo=9>

Figura 23 - Família de blocos adotada

3.3.4 QUANTITATIVO E CUSTOS

Tabela 7 - quantitativos e custos e alvenaria

Nível 0m	Material	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo total
	Bloco	1127	uni	R\$ 2.90	R\$ 3,268.30
	Meio Bloco	5	uni	R\$ 1.90	R\$ 9.50
	Bloco complementar	18	uni	R\$ 5.30	R\$ 95.40
	Canaleta U	534	uni	R\$ 3.10	R\$ 1,655.40
	Meia Canaleta U	0	uni	R\$ 2.60	R\$ -
	Canaleta U complementar	0	uni	R\$ 2.90	R\$ -
	Meia Canaleta U complementar	0	uni	R\$ 2.10	R\$ -
	Canaleta J	0	uni	R\$ 3.10	R\$ -
	Meia Canaleta J	0	uni	R\$ 2.60	R\$ -
	Argamassa de assentamento	6.0858	m³	R\$ 196.32	R\$ 1,194.76
	Armação (vergas e contravergas)	0	Kg	R\$ 6.65	R\$ -
	Concreto (vergas e contravergas)	0	m³	R\$ 289.40	R\$ -
	Graute	0	m³	R\$ 450.00	R\$ -
Total				R\$ 6,223.36	
Nível 1,2m	Material	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo total
	Bloco	2170	uni	R\$ 2.90	R\$ 6,293.00
	Meio Bloco	191	uni	R\$ 1.90	R\$ 362.90
	Bloco complementar	109	uni	R\$ 5.30	R\$ 577.70
	Canaleta U	161	uni	R\$ 3.10	R\$ 499.10
	Meia Canaleta U	5	uni	R\$ 2.60	R\$ 13.00
	Canaleta U complementar	94	uni	R\$ 2.90	R\$ 272.60
	Meia Canaleta U complementar	2	uni	R\$ 2.10	R\$ 4.20
	Canaleta J	126	uni	R\$ 3.10	R\$ 390.60
	Meia Canaleta J	3	uni	R\$ 2.60	R\$ 7.80
	Argamassa de assentamento	10.134	m³	R\$ 196.32	R\$ 1,989.51
	Armação (vergas e contravergas)	11.2126066	Kg	R\$ 6.65	R\$ 74.56
	Concreto (vergas e contravergas)	0.1681891	m³	R\$ 289.40	R\$ 48.67
	Graute	0.24	m³	R\$ 450.00	R\$ 108.00
Total				R\$ 10,641.64	
Nível 4,2m	Material	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo total
	Bloco	2607	uni	R\$ 2.90	R\$ 7,560.30
	Meio Bloco	144	uni	R\$ 1.90	R\$ 273.60
	Bloco complementar	84	uni	R\$ 5.30	R\$ 445.20
	Canaleta U	126	uni	R\$ 3.10	R\$ 390.60
	Meia Canaleta U	3	uni	R\$ 2.60	R\$ 7.80
	Canaleta U complementar	88	uni	R\$ 2.90	R\$ 255.20
	Meia Canaleta U complementar	3	uni	R\$ 2.10	R\$ 6.30
	Canaleta J	133	uni	R\$ 3.10	R\$ 412.30
	Meia Canaleta J	2	uni	R\$ 2.60	R\$ 5.20
	Argamassa de assentamento	11.3616	m³	R\$ 196.32	R\$ 2,230.51
	Armação (vergas e contravergas)	10.8761502	Kg	R\$ 6.65	R\$ 72.33
	Concreto (vergas e contravergas)	0.16314225	m³	R\$ 289.40	R\$ 47.21
	Graute		m³	R\$ 450.00	R\$ -
Total				R\$ 11,706.55	
Nível 7,2m	Material	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo total
	Bloco	1037	uni	R\$ 2.90	R\$ 3,007.30
	Meio Bloco	36	uni	R\$ 1.90	R\$ 68.40
	Bloco complementar	12	uni	R\$ 5.30	R\$ 63.60
	Canaleta U	0	uni	R\$ 3.10	R\$ -
	Meia Canaleta U	0	uni	R\$ 2.60	R\$ -
	Canaleta U complementar	0	uni	R\$ 2.90	R\$ -
	Meia Canaleta U complementar	0	uni	R\$ 2.10	R\$ -
	Canaleta J	0	uni	R\$ 3.10	R\$ -
	Meia Canaleta J	0	uni	R\$ 2.60	R\$ -
	Argamassa de assentamento	3.8628	m³	R\$ 196.32	R\$ 758.34
	Armação (vergas e contravergas)	0	Kg	R\$ 6.65	R\$ -
	Concreto (vergas e contravergas)	0	m³	R\$ 289.40	R\$ -
	Graute	0.06	m³	R\$ 450.00	R\$ 27.00
Total				R\$ 3,924.64	
Custo Total					R\$ 32,496.20

3.3.5 CONCLUSÃO

O método construtivo adotado foi totalmente adequado ao projeto, foram necessárias poucas vigas e, quando necessárias, se encaixaram à modulação, o que permitirá uma construção muito racionalizada.

Durante o projeto uma dificuldade encontrada foi o caminho dos sistemas prediais de água e esgoto. Devido sua grande interferência com as vedações. Não há uma fórmula certa ou pensamento unanime quando se trata de caminhar os sistemas pelo interior dos blocos ou apenas por shafts. Percebeu-se que no caso de edifícios os shafts seriam imprescindíveis; porém, em residências o uso de blocos hidráulicos, assim chamados pois podem ser facilmente cortados e fechados, seria uma opção válida. No projeto optou-se pela utilização do shaft devido à concentração do sistema em pontos específicos. Entendeu-se que seria mais vantajoso fazer o sistema hidráulico independente do sistema de vedação, pois dessa forma não seriam necessárias as duas especialidades, pedreiros e encanadores, simultaneamente na obra, no caso de passar as instalações pelos furos dos blocos, e seriam evitados cortes na alvenaria, no caso dos blocos hidráulicos. Outra vantagem considerada que levou à escolha dos shafts foi a maior facilidade de manutenção.

3.4 PROJETO ESTRUTURAL

3.4.1 REFERÊNCIAS

Para o dimensionamento e concepção da estrutura foram consideradas as seguintes referências:

- NBR6118:2007 Projeto de Estruturas de Concreto
- NBR6120:2000 Cargas para cálculo de Edificações
- NBR10837:2000 Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto
- Livro “Parâmetros de projeto de alvenaria estrutural com blocos de concreto”:2012 de Guilherme Aris Parsekian.

3.4.2 LAJES DE PISO DOS PRIMEIRO PAVIMENTO E SÓTÃO

A Carregamento e modelagem

Segundo a NBR6110 as cargas mínimas (sobrecargas) para edifícios residências será de 1.5 kN/m² para dormitórios, salas, copa, cozinha e banheiros; de 2.0 kN/m² para despensas e áreas de serviço e 2.5 kN/m² para escadas sem acesso ao público (privada).

Para a área de caixa d'água, pode se ver que se for considerada uma caixa de 750l em uma área circular de diâmetro 1.4m isoladamente tem se uma alta sobrecarga de 4.8 kN/m².

No entanto, a casa necessitará de duas caixas de água, e elas serão colocadas em cima de estrados de madeira para distribuir os esforços.

Sendo o estrado de dimensões 1.4 m por 2 m para cada caixa ter-se-á um esforço de 2.6 kN/m²:

Considerando que o estrado não distribua a carga completamente bem, será adotado o valor intermediário de 3.7 kN/m². O valor, a primeira vista, pode parecer excessivo se aplicado à toda extensão da laje que suporta a caixa da água, todavia vendo que a área abrigará o boiler, uma possível bomba de água e que o usuário irá aproveitar o pé-direito para utilizar a área como armazenamento, a carga passa a fazer parte de uma segurança baseada em mudança de uso.

Também, especifica-se um concreto com fck mínimo de 20 Mpa, requerido por fabricantes de lajes e por ser uma resistência possível de se adquirir com certa segurança junto às concreteiras fornecedoras para obras de pequeno porte.

As cargas serão:

- Para o peso próprio das lajes e vigas em concreto armado 25 kN/m³
- Para o peso da argamassa de cimento e areia de contrapiso 21 kN/m³ adotando-se uma estimativa de 3 cm de contrapiso .
- Peso de revestimento estimado em porcelanato de 18 kgf/m² ou 0.18kN/m² .
- Carga de alvenaria de 22 kN/m³. Espessura de bloco de 14 cm.
- Carga de caixa d'água em 3.7kN/m² para área correspondente no sótão.
- Carga de cobertura composta de 2 kN/m² (sobrecarga de terraço não visitável), 0.78 kN/m² (telhas coloniais úmidas), 0.01 kN/m² (ripamento), 0.08 kN/m² (caibros), 0.01 kN/m² (terças) e 0.2 kN/m² (pontaletes) estimados segundo espaçamentos, bitolas e densidades típicas de um telhamento.
- Sobrecarga de 1.5 kN/m².

Em termos de pré-dimensionamento, foi conferido às lajes uma espessura de 12 cm, condizente com a espessura de pré-laje de 3 cm e capa requerida pelo fabricante de 9 cm (PMT12).

No entanto, vê-se adiante que a espessura garante estados limites com segurança acima da necessária devido ao dimensionamento considerar armação nas duas direções, ou seja, sendo passível de diminuição da espessura de 12 cm para 7 cm.

Os ganhos com esta economia seriam pequenos, cerca de 2 m³ de concreto, custo inexpressivo diante do valor de aluguel de uma bomba de concreto, e menos de 7% em cargas.

Assim, se comparados como ganho construtivo de compatibilizar a espessura da laje com o bloco de apoio tipo "J" de aba de 7 cm (12+7+ 1cm de junta=20 cm, altura do bloco como com o ganho acústico na residência proporcionado pela laje mais espessa, vê-se que manter a laje à 12 cm se apresenta vantajoso.

As lajes, embora compostas de painéis unidirecionais, foram dimensionadas contendo apoios em duas direções, primeiramente porque todas respeitam a proporção de uma dimensão menor que o dobro de outra (caso não fosse respeitado configuraria tratamento unidirecional à laje); em segundo lugar, porque possibilita o tipo de laje escolhido possibilita o tratamento bidirecional que, por duas vezes, permite distribuir melhor as cargas de alvenaria sobre laje.

Assim, as lajes foram seccionadas de acordo com seus apoios laterais pertinentes e áreas de interesse, por exemplo, a sala de tv, varanda e quarto master possuem apoios e limitadores da estrutura de sua laje coincidentes com os seus apoios de alvenaria. Os quartos, no entanto, foram divididos de modo a desconsiderar as alvenarias da área de serviço como apoio, como pode se ver na Figura 24. As lajes da cobertura seguem processo análogo.

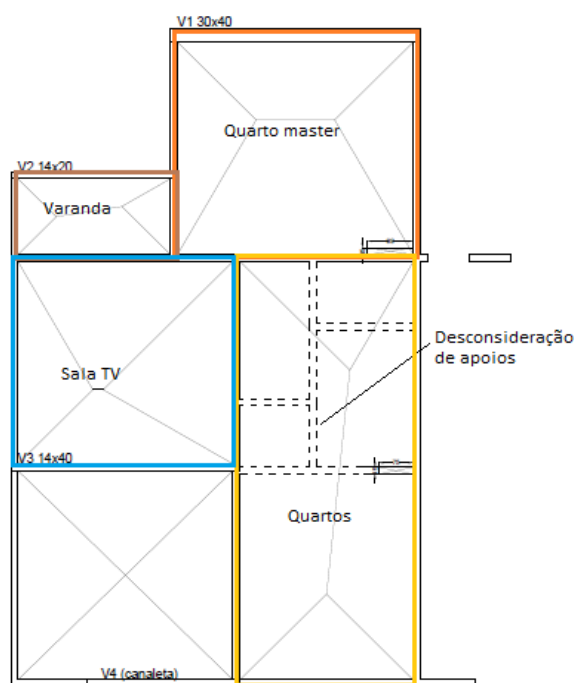


Figura 24 Modelagem de apoios das lajes do primeiro pavimento, análogo à cobertura

Isto se deve à necessidade de simplificação do modelo estrutural, evitando grandes subdivisões de lajes para facilitar o entendimento da planta e sua execução e também por proporcionar ao usuário flexibilidade na medida que poderá retirar algumas paredes no futuro.

Tal simplificação se faz pertinente, pois a menor subdivisão das lajes, e majoramento de vãos, é a favor da segurança.

As áreas onde poderia ocorrer alguma flexão negativa que afete a laje, como as alvenarias subdivisoras do banheiro de serviço, despensa, lavabo e banheiros dos quartos, como pode-se ver na Figura 25, são de pequenos vãos, acarretando em pouco esforço efetivo a ponto de se colocar armação negativa especificamente para controlar fissuração

nestas áreas, que geraria um projeto de armação mais poluído que uma residência necessitaria.

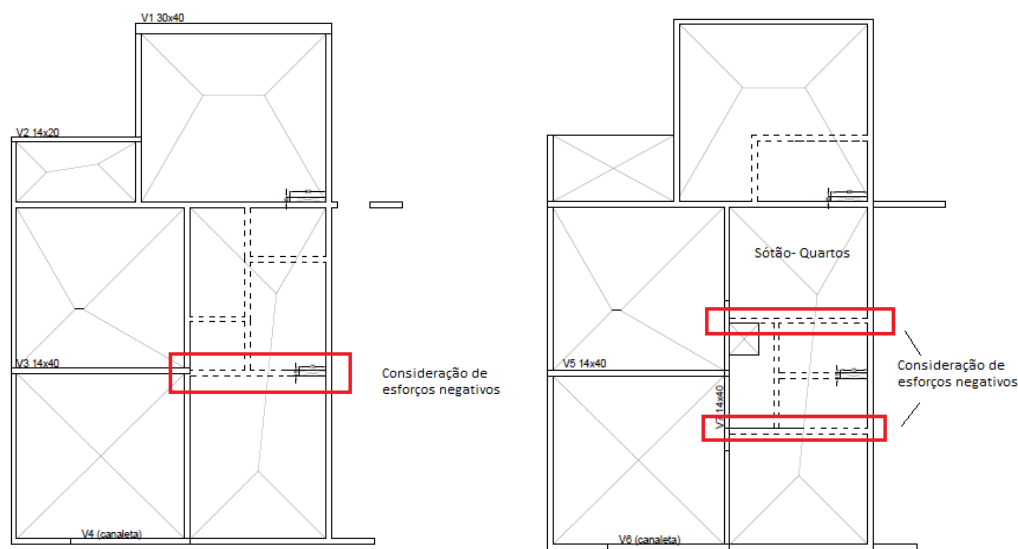


Figura 25 Consideração de esforços negativos para fissuração em meio à laje

Por recomendação do Prof. Dr. Luis Sérgio Franco, as cintas que delimitam a residência não foram armadas para esforços negativos (negativo de borda). Essa medida criaria fissuração na porção de argamassa de alvenaria da cinta, sendo isto indesejável em termos de estanqueidade e durabilidade por se tratarem de área com ligação com fatores ambientais externos.

No entanto, encontros entre laje e viga tiveram armações negativas mínimas colocadas para evitar a fissuração de encontro entre elementos, uma vez que o problema de estanqueidade de alvenaria não se aplica a esta questão.

Aberturas em laje foram reforçadas com armação mínima correspondente àquela que a abertura supriu, para evitar fissurações e deformações de borda.

B Esforços Solicitantes

Compostas as cargas das lajes, feito sua modelagem e pré-dimensionamento, os esforços solicitantes nas lajes foram calculados com base na teoria da placas sintetizada nas tabelas de Czerny, onde se considera uma borda em engaste aquela contígua a outra laje e uma borda de apoio simples aquela delimitada por viga ou cinta de amarração.

Assim, a cada laje se atribui uma laje tipo, de acordo com seus apoios, e, de acordo com a relação entre seus lados l_y (maior) e l_x (menor), obtêm-se coeficientes divisores que compõem o cálculo de momentos positivos e negativos a cada lado da laje.

O equacionamento, então segue o demonstrado na Figura 26.

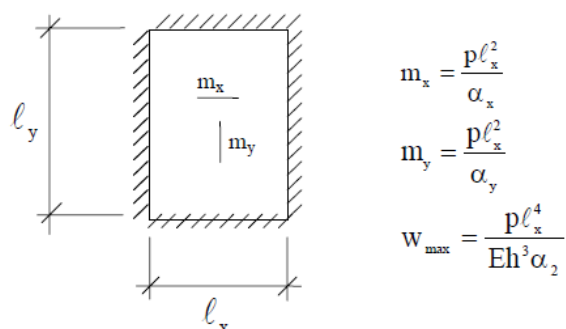


Figura 26 Cálculo de momentos e flecha por Czerny

Momentos negativos são obtidos da seguinte função:

$$M_{ij} = \text{MAX} (M_i; M_j)$$

De acordo com o item 14.7.6.2 da norma NBR6118/2000.

Esforços solicitantes de cortante foram calculados simplificadaamente como carregamentos linearmente distribuídos sobre estruturas biapoiadas nas bordas, tanto para “lx”, quanto para “ly”.

$$V_{sk} = pL/2$$

C Estado Limite de Serviço

Para desenvolver a flecha imediata através de análise linear, o módulo de elasticidade secante do concreto será de:

$$E_{cs} (Mpa) = 0.85 * 5600 * \sqrt{F_{ck}}$$

A flecha deverá ser calculada para o carregamento quase permanente

$$F_{cqp} = F_{gk} + \phi 2 F_{qk}$$

Onde $\phi 2$ em nosso caso será 0.3 por se tratar de uma residência com pouca concentração de pessoas e equipamentos fixos.

O estado limite de serviço da laje é de tratamento análogo aos da viga, como estabelece a norma.

Para controle de abertura de fissuras, com dispensa do cálculo em si, a norma, no item 17.3.3.3 estabelece como valores máximos de diâmetros e espaçamentos de barras para $f_{ck}=20$ Mpa: barras com menos de 25 mm de diâmetro e espaçamentos menores que 25 cm.

O cálculo da flecha imediata, mediante o carregamento antes apresentado, é decorrente do equacionamento de Czerny.

A NBR 6118/2000 indica em seu item 17.3.2.1.2 para que se corrija a flecha imediata do elemento para a flecha em seu tempo infinito através de seu coeficiente $\xi (\text{inf})=2$ devido ao fenômeno de fluência.

$$Flecha\ inf = Flecha\ im * \frac{\xi\ inf}{1 + 50 * taxa\ de\ amação}$$

Onde a taxa de armação será:

$$taxa \text{ armação} = \frac{armação \text{ (cm}^2\text{)}}{H \text{ (cm)} * 100}$$

A flecha admissível será de:

- Aceitabilidade visual $l/250$
- Aceitabilidade de vibrações em piso $l/350$
- Efeitos em elementos de forros com revestimentos pendurados (forro de gesso) $l/175$
- Efeitos sobre alvenaria, caixilhos e revestimento após a construção da parede de $L/500$ ou 10 mm.

Resultando numa flecha admissível de $L/500$ para as lajes da residência.

D Estado Limite Último

- Verificação da linha neutra

$$Fcd = \frac{Fck}{1.4} \quad Fyd = \frac{Fyk \text{ (CA50)}}{1.15}$$

$$Dx = H - \phi x/2$$

$$Dy = H - \phi x - \phi y/2$$

$$X = 1.25 * D * (1 - \sqrt{\frac{1.4 \text{ Mk}}{0.425 * 1m * D^2 * Fcd}})$$

$$\frac{X}{d} < 0.5$$

- Cálculo da armadura de flexão:

$$A_s = \frac{Mk * 1.4}{(D - 0.4X)F_y d}$$

- Cálculo de armação por painel de 25 cm com 4 barras embutidas:

$$\phi = As \text{ (cm}^2\text{)} * 0.25m/4$$

- Armação mínima:

$\rho_s \geq \rho_{\min}$ para armaduras negativas

$\rho_s \geq 0.67 \rho_{\min}$ para armaduras positivas em lajes armadas em duas direções

Onde $\rho=0.15\%$ para f_{ck} 20 Mpa.

- Verificação a força cortante

$$Vrd1 = [0.25 fctd * (1.6 - d) * (1.2 + 40 taxa\ armacao)] * 1m * D$$

Onde,

$$f_{ctd} = 0.21 * f_{ck}^{\frac{2}{3}} / 1.4$$
$$V_{rd2} = 0.5 \left(0.7 - \frac{f_{ck}}{200} \right) f_{cd} 0.9 D$$

3.4.3 VIGAS

A Carregamento e modelagem

Os carregamentos das vigas são decorrentes da divisão das cargas de laje de acordo com o método de “telhas” onde segue-se a divisão:

- 45° entre dois apoios do mesmo tipo.
- 60° a partir do apoio considerado engastado, se o outro for considerado simplesmente apoiado.
- São carregamentos das vigas:
- V1: 2.9 m de alvenaria, L1, L5 e beiral do telhado.
- V2: L2.
- V3: 0.2 m de alvenaria para parapeito, apoio da escada pré-moldada e L3.
- V4: com 0.8m de alvenaria sobre caixilho e caixilho da janela superior.
- V5: 0.2 m de alvenaria para acabamento e L6.
- V6 com 0.2 m de alvenaria e beiral do telhado.
- V7 com alvenaria em 2 m devido a alvenaria de apoio do oitão de cobertura, beiral e L6, L7.
- A carga estimada do beiral de 60 cm é de:
- Carga de cobertura composta de 2 kN/m² (sobrecarga de terraço não visitável), 0.78 kN/m² (telhas coloniais úmidas), 0.01 kN/m² (ripamento), 0.08 kN/m² (caibros), 0.01 kN/m² (terças) estimados segundo espaçamentos, bitolas e densidades típicas de um telhamento.
- A carga de parapeito é estimada em:
- Sobrecarga de 2 kN/m (NBR6120) e peso estimado em 90 cm de vidro espessura 10mm.
- O apoio da escada é determinado por:
- Pisadas de 18 cm de altura e 1.20 de largura com cargas de peso-próprio em concreto armado, contrapiso e revestimento previamente citadas.
- Viga central estimada em dimensões de 20x20 cm em concreto armado.
- Sobrecarga de 2.5 kN/m².

E, por fim, o caixilho é estimado em um vidro de 10mm com altura de 1 m, sendo a carga do vidro de 26 kN/m².

As vigas devem possuir dimensões fixas por limitações de arquitetura, são elas:

- V1 espessura proporcional à modulação do bloco ($n \times 14 \text{ cm}$) e altura proporcional à altura do bloco ($n \times 19 \text{ cm}$)
- V2, V3, V5 : espessura de 14 cm e altura proporcional à altura do bloco ($n \times 19 \text{ cm}$)
- V4, V6, V7: 13x18 (dimensões internas estimadas do bloco canaleta).

Uma parede de alvenaria estrutural apoiada sobre um elemento de suporte, tal qual uma viga em concreto armado, funciona como um arco atirantado, havendo influência deste fenômeno sobre as cargas verticais, pois parte das cargas concentradas no vão caminharão para os apoios, gerando diminuição dos momentos fletores e existindo concentração de tensões nos extremos como pode-se ver na Figura 27 Ação conjunta do sistema parede-viga (PAES, 2008 apud HASELTINE; MOORE, 1981).

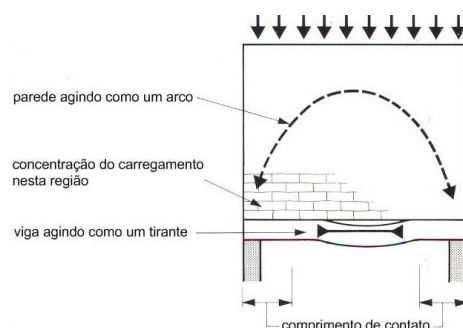


Figura 27 Ação conjunta do sistema parede-viga (PAES, 2008 apud HASELTINE; MOORE, 1981)

Paes (2008) explica que Stafford Smith e Riddington (1977) estabeleceram, fato confirmado por Tomazela (1995), que para uma razão entre altura de parede e vão de viga superior a 0,7, a porção acima deste não influenciará na formação do arco, podendo ser representada como acréscimo de carga. Também explica que Haseltine e Moore (1981) indicam três condições para determinar se há o efeito arco na alvenaria estrutural: a primeira é a razão altura e comprimento de parede maior que 0,6; a segunda é a inexistência de aberturas comprometendo uma região de arco imaginário definida por dois arcos centrados no meio da viga, de comprimento L , de raios $0,25 L$ e $0,6L$ e a tensão majorada imposta pela ação do arco não exceder a capacidade de compressão local da alvenaria.

Por orientação do Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco, uma simplificação da modelagem do efeito arco pode ser adotada. Sendo ela a distribuição da carga total, simetricamente, sobre as regiões localizadas a 25% do vão junto ao apoio do elemento de viga.

As vigas que sofrerão efeito arco serão V1 e V7 cujas geometrias de alvenaria e viga se encontram-se todas dentro dos limites estabelecidos anteriormente.

Por fim, os diâmetros das barras tanto positiva, negativa, estribos e armaduras de pele foram compatibilizados para reduzir o número de diâmetros diferentes em obra e, assim, facilitar o controle e compra de materiais, bem como vigas com encontro

perpendicular ao painel de laje tiveram o tamanho do estribo reduzido para possibilitar o apoio do mesmo.

B Esforços Solicitantes

Afora a viga V4, modelada como contínua, as demais vigas foram modeladas como biapoiadas modeladas no software Ftool.

A escada pré-moldada, por ser de viga central, gera uma carga concentrada na viga V3. A escada foi modelada no software Ftool como biapoiada de acordo com sua inclinação e dimensões de arquitetura, gerando assim tanto a carga concentrada a ser considerada na V3, como seu momento no vão considerado para detalhamento dos arranques na V3.

C Estado Limite de Serviço

São limites de flecha estabelecidos por norma através das expressões:

- $L/500$ para alvenaria após sua construção. Onde se entende que após a construção é a flecha imediata.
- $L/250$ para evitar descamentos que causem desconforto visual.

Onde L é o vão da viga.

Inserindo-se esses dados no Ftool obtém-se as flechas lineares com módulo de elasticidade previamente modelado e prossegue-se como explicado no item correspondente em Lajes.

D Estado Limite Último

A seguir será listado o processo para dimensionamento e verificação:

- Verificação da linha neutra

$$F_{cd} = \frac{F_{ck}}{1.4} \quad F_{yd} = \frac{F_{yk} (CA50)}{1.15}$$

$$D = 0.9 H$$

$$X = 1.25 * D * \left(1 - \sqrt{\frac{1.4 M_k}{0.425 * B_w * D^2 * F_{cd}}} \right)$$

$$\frac{X}{d} < 0.5$$

- Cálculo da armadura de flexão:

$$A_s = \frac{M_k * 1.4}{(D - 0.4X) F_{yd}}$$

Confrontada com a armação mínima para f_{ck} 20 Mpa de 0.15%.

- Verificação da compressão da diagonal de concreto

$$V_{sd} < V_{rd2} = 0.27 * \left(1 - \frac{f_{ck} \text{ Mpa}}{250} \right) * F_{cd} * B_w * D$$

- Ancoragem

Para f_{ck} 20 Mpa $L_b = 44$ vezes o diâmetro da barra.

L_b real maior entre: $0.7 * L_{bnec} * \frac{A_{s\text{ calculado}}}{A_{s\text{ usado}}}$; 10 diâmetros, 10 cm; 0.3 l_b

A ancoragem se dará pela dobra em gancho de L_b dentro do pilar.

- Cálculo da armadura transversal

$$\frac{A_{sw}}{S} = \frac{V_{sd} - V_c}{0.9d f_{yd}}$$

Se $V_c = 0.6 f_{ctd} b_w d > V_d$ adotar o mínimo

$$F_{ctd} = 0.21 \frac{f_{ck}^{2/3}}{1.4}$$

Onde A_{sw} é a armadura transversal espaçada em S .

Cabe notar que a armação mínima transversal para f_{ck} de 20 Mpa será de taxa de armadura de 0.09%.

$$A_{swmin} = S * 0.09\% * B_w$$

Com espaçamento máximo de 30 cm ou 0.6d, caso $0.67 V_{rd2} > V_d$.

- Armação de pele

Poderia ser dispensada por serem vigas com altura menor que 60 cm, mas recomenda-se que para as vigas de 40 cm de altura se coloque uma de 8 mm para auxiliar no controle de fissuras nas regiões tracionadas das vigas que apresentam grande esbeltez dada a pequena espessura.

- Armação negativa

A armação negativa seguirá o critério mínimo de norma e será igualada com a armadura positiva, quando os diâmetros forem até 12.5 mm, pois assim evita-se erros construtivos como inversão e/ou troca deliberada pela mão de obra em armação com diâmetros similares (10 mm e 12.5mm) que poderiam comprometer a segurança da estrutura, bem como há maior facilidade no controle de entrega e uso de materiais.

- Cálculo da armadura de suspensão do encontro da V5 com V7

$$A_{susp} = R_d * \frac{D}{f_{yd}}$$

- Transpasse

No caso de emendas de barras devido ao seu comprimento, deverá ser realizado um transpasse, adotando uma porcentagem de 100% de barras emendadas na mesma seção, tracionadas, o coeficiente “ α_{ot} ” será de 2,0, assim:

$$L_t = \text{MAX}(15 f_i; 20 \text{ cm}; 0,6 l_b; 2 l_b \text{ necessário})$$

E Encontro viga versus bloco

Deve-se verificar o esmagamento do bloco à compressão simples no encontro entre a alvenaria e a viga.

Para tanto, dado um encontro viga/bloco com apoio da viga sobre o bloco maior que 5 cm e maior que um terço da espessura do bloco terem-se a seguinte condição de segurança:

$$\frac{Pk * 1.4}{\text{Área da viga apoiada sobre alvenaria}} \leq 0.7 \frac{f_{pk}}{2}$$

Sendo “Pk” a carga concentrada e “f_{pk}” a resistência característica à compressão simples de prisma relativa ao bloco de alvenaria estrutural escolhido (6 Mpa). Algumas vigas não respeitarão tal critério, por possuírem alta carga concentrada, sendo que, por limitações arquitetônicas, não será possível aumentar sua área apoiada sobre a alvenaria . Nestes casos, os furos correspondentes do encontro entre a viga e a alvenaria serão completamente grauteados proporcionando a resistência como se fosse um pilar de concreto armado.

As vigas V1, imediatamente acima da garagem, e V3 responsável pelo apoio da escada pré-moldada serão, assim, apoiadas sobre blocos cujos furos serão previamente grauteados.

3.4.4 VERGAS

Vergas são componentes estruturais colocados sobre os vãos de abertura nas paredes com função de distribuir os esforços verticais através das paredes laterais.

Segundo material didático disponibilizado na disciplina PCC2535- A produção de Edifícios de Pequeno Porte: do Projeto à Entrega do Empreendimento, as diretrizes gerais para a construção de vergas são:

- Para vãos até 120 cm a verga deve ser maior que a abertura pelo menos 10 cm em cada lado, com o mínimo de 5 cm de altura e empregando duas barras de 5 mm.
- Para vãos de 120 a 200 cm a verga deve ser maior que a abertura pelo menos 10 cm em cada lado, com o mínimo de 5 cm de altura e empregando duas barras de 6.3mm.
- Vãos maiores que 200 cm é necessária a verificação por dimensionamento de viga com abas de 20 cm e altura mínima de 10 cm. São estas vergas a V4 e V6.

As contravergas por sua vez são localizadas sob as aberturas para combate de fissuração devido à concentração de tensões . São diretrizes para contravergas são:

- Para vãos de 60 a 120 cm a contraverga deve ser maior que a abertura pelo menos 30 cm em cada lado, com o mínimo de 5 cm de altura e empregando duas barras de 5 mm.

- Para vãos de 120 a 200 cm a contraverga deve ser maior que a abertura pelo menos 45 cm em cada lado, com o mínimo de 5 cm de altura e empregando duas barras de 6.3 mm.
- Para vãos maiores que 200 cm a contraverga deve ser maior que a abertura pelo menos 60 cm em cada lado, com o mínimo de 5 cm de altura e empregando duas barras de 6.3 mm.
- Para vãos menores que 60 cm pode-se suprir a contraverga.

3.4.5 CINTA

Não haverá reforço negativo na laje nas regiões da cinta, ficando sua armação apenas a positiva. A armação da cinta foi dimensionada como a mínima para uma seção de 13x18 cm (dimensões estimadas do bloco caneleta) resultando em:

- Uma barra com ϕ 8 mm.

3.4.6 BLOCO DE ALVENARIA ESTRUTURAL

O dimensionamento do bloco de alvenaria estrutural se deu primeiramente com o cálculo das áreas de influência da laje mediante os critérios previamente explicados para vigas.

Assim, são cargas da alvenaria estrutural:

- Carregamentos resultantes das lajes
- Carregamento resultante de cobertura dos beirais
- Carregamento resultante de peso próprio das vigas apoiadas
- Peso próprio da alvenaria

Trechos de alvenaria resistente foram divididos à meia altura das aberturas de caixilhos para consideração de áreas de concentração de tensão, conforme pode-se ver na Figura 28. Assim, suas áreas de influência na alvenaria calculadas.

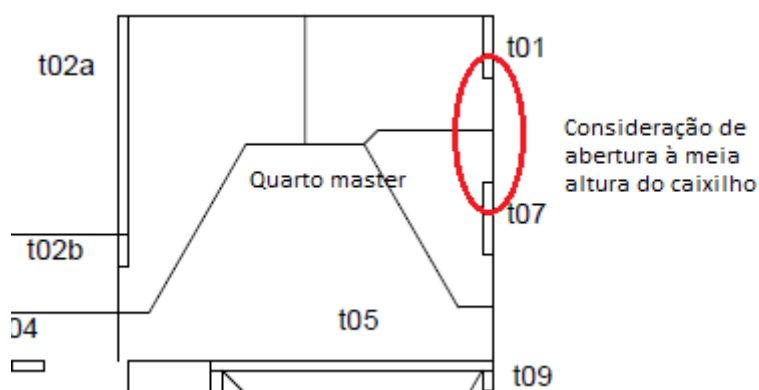


Figura 28 Consideração de aberturas para cálculo da área de influência em blocos de alvenaria estrutural

Para seu dimensionamento, seguiu-se o estabelecido na referência de Guilherme Parsekian (2012):

$$\frac{1.4 Nk}{A} \leq \frac{0.7 f_{pk}}{2} \left[1 - \left(\frac{hef}{40 tef} \right)^3 \right]$$

$$\frac{f_{pk}}{f_{bk'}} = 0.8$$

$$f_{bk} = f_{bk'} / 0.8$$

Onde “Nk” é a força normal característica resultante dos carregamentos, “f_{pk}” a resistência característica de compressão simples do prisma, “hef” a altura efetiva, “tef” a espessura efetiva, A a área bruta da seção transversal, “f_{bk}” a resistência característica do bloco com argamassa disposta em todos os septos do bloco e “f_{bk}” quando a argamassa for disposta apenas em dois cordões laterais (hipótese adotada de projeto).

Como resultado, tem-se dois trechos com tensões de aproximadamente 10 Mpa, sendo estes, trechos pequenos entre caixilhos com alta concentração de tensão. Tais trechos serão grauteados, pois seria anti-econômico aumentar a classe de resistência do bloco por causa de trechos tão pequenos. Assim, os demais locais tiveram tensões inferiores à 5 Mpa, resultando em um bloco estrutural de concreto com resistência de 6 Mpa.

Unindo-se os trechos que formam planos de paredes contíguas e suas cargas é possível retirar, também, a carga linear que a residência solicitará na fundação direta.

3.4.7 QUANTITATIVOS E CUSTOS

Os preços foram baseados na tabela fornecida pela revista Casa Abril, Lajes Guerra, Leroy Merlin, Madevel, Acácia Madeiras, site Casa & Construção, Guia da Construção e tabela SINAPI da Caixa Econômica Federal sendo estes:

- R\$ 307.1/m³ concreto usinado 20 Mpa com consideração de bombeamento e mão de obra.
- R\$ 289.4/m³ de concreto não estrutural para cintas e lastros, considerando mão de obra.
- R\$ 6.65/kg de aço cortado, dobrado e instalado.
- R\$ 22.9/ pontalete (6x6 cm) com 3 m; tábua de apoio e berço (1x20 cm) de R\$2.9/m e contraventamento em R\$8/m (1x5 cm) em Eucalipto. Resultando no preço por escora montada de R\$33.3/ponto de escora.
- Lajes painel de 25 cm sem isopor com custos unitários estimados dependentes da carga de laje, área da laje e comprimento do painel.
- Pedra britada em R\$ 90/m³ tipo 2.
- Lona plástica preta rolo de 2 m de largura em R\$1,9/m.

O cimbramento foi estimado fazendo-se uma malha de 1.30 por 0.75 metros, recomendados por fabricantes de lajes pré-moldadas (laje Paulista, Laje Guerra) para vigotas treliçadas. Faz-se o uso da mesma malha para painéis, pois embora o uso do painel tenha como uma das vantagens divulgadas a diminuição da malha de cimbramento, muitas

vezes esta vantagem é divulgada mediante o uso de blocos de EPS com a laje painel, assim, pensa-se que a utilização da malha de cimbramento de vigotas treliçadas se apresenta a favor da segurança quando é utilizado em uma laje maciça. Ainda assim, é importante consultar as indicações do fornecedor em seu projeto de pré-moldados.

Assim para uma área de 44 m² tem-se 32 pontos de cimbramento, sendo então o critério de 0.73 pontos/área de laje e 1 ponto para cada 1.5 metros de viga.

Sendo a escora composta de um pontalete de eucalipto 6,5x 6,5 cm com 2,9 metros de altura, tábua de 1 cm x20 cm para apoio das lajes, tábua de 1cm x 10 cm como cunha e ripa de 5 cm x 1 cm como contraventamento entre escoras , com madeiras em Eucalipto. Apesar da Figura 29 apresentar lajes em vigotas treliçadas, a configuração de cimbramento será a mesma para exemplificação do exposto acima.

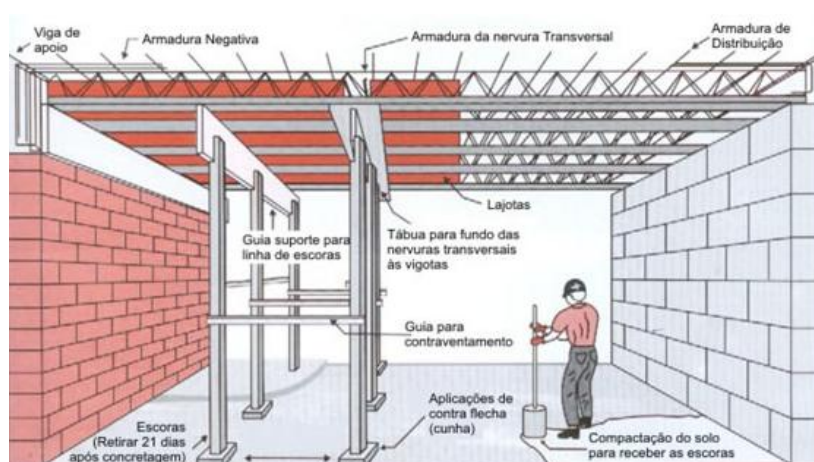


Figura 29 Escoramento para lajes

A laje térrea foi estimada com uma espessura de concreto de 5 cm e malha de aço de 8 mm espaçada em 20 cm.

Não estão incorporados nesta estimativa de custos de materiais diversos como parafusos, pregos, buchas etc.

O custo de concreto e aço instalado embute a existência de mão de obra instaladora, assim, custos de pedreiros e ajudantes para confecção da estruturas estão considerados dentro de tais materiais. No entanto, a carpintaria de fôrmas não está considerada, ela será estimada com base no custo de horas de carpintaria de R\$ 5.90/h (Guia da Construção).

A atuação do carpinteiros se dá conjuntamente com pedreiros dentro das 15 semanas de construção a partir do início da elevação da alvenaria da residência à instalação da cobertura, para 9 horas por dia tem-se um custo de R\$ 4000,00 que deverá ser multiplicado por um fator de 210% para embutimento de impostos e direitos trabalhistas, resultando em um custo de aproximadamente R\$ 8000,00 de mão de obra.

No entanto, cabe dizer que a mão-de-obra costuma trabalhar por empreitada e não há necessidade do carpinteiro permanecer na obra ininterruptamente, assim, estima-se que

ele trabalhe apenas em um terço do tempo estipulado (atuando nas formas e escoramentos) gerando um custo da empreitada de R\$ 2500,00.

Tabela 8- Estimativa de custo do concreto armado

Pavimento	Vol. Concreto (m³)	Peso aço (kg)	Concreto (R\$)	Aço (R\$)
Térreo	5,7	486,5	2150,5	3235,4
1 Pavimento	8,81	609,1	3106,6	4050,3
Cobertura	8,42	497,5	2986,1	3308,2
		Custo por material (R\$)	8243,2	10593,9
			Custo Total (R\$)	18837,2

Tabela 9 - Quantitativo de fôrmas para vigas, cimbramento e custo de cimbramento

Viga	Fôrma Lateral largura (m)	Fôrma Fundo largura (m)	Comp Fôrma (m)	Pontos de Cimbramento	Preço Cimbramento (R\$)
V1	0,5	0,5	5,1	4	133,2
V2	0,3	0,2	3,3	3	99,9
V3	0,5	0,2	4,65	4	133,2
V4	Canaleta		4,5	3	99,9
V5	0,5	0,2	4,65	4	133,2
V6	Canaleta		2,7	2	66,6
V7	0,5	0,2	2,85	2	66,6
				Total	732,6

Tabela 10 - Custo de fôrmas de madeira para vigas

Fôrmas de vigas			
Madeira Largura (cm) x 1,5 cm	Comprimento (m)	Preço (R\$/m)	Custo (R\$)
20	15,45	2,9	44,29
30	6,6	3,4	22,44
50	39,6	6,3	248,16
		Total	314,9

Tabela 11 - Quantitativo e custos de cimbramento de laje pré-moldada

Laje	Area (m²)	Pontos de cimbramento	Custo (R\$)
1	25,1	19	632,7
2	6	5	166,5
3	22,6	17	566,1
4	38,3	28	932,4
5	26,7	20	666
6	22,4	17	566,1
7	37,7	28	932,4

Tabela 12 - Quantitativo e custos da pré-laje

Laje	N paineis	Comp	Carga (kN/m²)	Carga (kgf/m²)	Area (m²)	Custo (R\$/m² laje*m comp.)	Custo (R\$)
L1	19	5,2	10,9	109,1	25,1	9,75	1272,6
L2	7	3,4	8,9	89,0	6	8,5	173,4
L3	18	4,8	8,9	89,0	22,6	8,5	922,1
L4	37	3,9	12,0	119,9	38,3	9,75	1456,4
L5	19	5,2	11,9	119,2	26,7	9,75	1353,7
L6	18	4,8	11,9	119,2	22,4	9,75	1048,3
L7	37	3,9	17,1	171,0	37,7	9,75	1433,5
						Total (R\$)	7660,0

Tabela 13 - Custos de brita para laje térrea e materiais de calçada

	Quantitativo	Preço
Brita laje térrea (m³)	5,5	496,8
Lona laje térrea (m²)	110,4	123,4
Armação calçada (kg)	221,5	753,0
Concreto calçada (m³)	4,4	1351,2

Tabela 14 - Custo total da estrutura

Total (R\$)	33668,1
-------------	---------

3.4.8 MEMORIAL

- Fck 20 Mpa
- CA50
- Cobrimento de 2cm

Tabela 15 - Carga de lajes

Local	H estimado	Vão (m)	Largura (m)	Area (m²)	Comprimento de Alvenaria (m)	Sobrecarga (kN/m²)	Contrapiso (kN/m²)	Revestimento (kN/m²)	Caixa agua (kN/m²)	Alvenaria (kN/m²)	Cobertura (kN/m²)	Peso prop (kN/m²)
Quarto master	0,12	5,1	4,8	24,5	4,8	1,5	0,63	0,18		1,4		3
Quartos	0,12	3,8	9,15	34,3	10,4	1,5	0,63	0,18		2,2		3
Terraço	0,12	3,3	1,8	5,9		1,5	0,63	0,18				3
Sala TV	0,12	4,7	4,575	21,3		1,5	0,63	0,18				3
Acima Sala TV	0,12	4,7	4,575	21,3		1,5	0,63				3,2	3
Acima Quarto maior	0,12	5,1	4,8	24,5		1,5	0,63				3,2	3
Acima quartos	0,12	3,8	9,15	34,3		1,5	0,63		3,70		3,2	3

Tabela 16 - Esforços solicitantes das lajes

Local	Geometria			Teoria de placas: Czerny							Carregamentos			Esforços de flexão			
	Vão (m)	Largura (m)	H	Ly/Lx	Tipo Czerny	alfa2	alfax	alfay	betax	betay	G (kN/m²)	Q (kN/m²)	Gk+Qk (kN/m²)	Mx+ (kNm)	Mx- (kNm)	My+ (kNm)	My- (kNm)
Quarto master	5,1	4,8	0,12	1,06	B1	28	29,4	43,5	11,4	-	5,2	1,5	6,7	5,3	13,6	3,6	
Quarto 1	3,75	4,5	0,12	1,20	B3	35,2	37	45,5	13,5	13,9	6,0	1,5	7,5	2,9	7,8	2,3	7,6
Quarto 2	3,75	4,5	0,12	1,20	A2	19,5	25,9	28,90	-	10,1	6,0	1,5	7,5	4,1		3,7	10,5
Varanda	3,3	1,8	0,12	1,83	B2	18,6	18,9	58,8	8,6	12,2	3,8	1,5	5,3	0,9	2,0	0,3	1,4
Sala TV	4,66	4,6	0,12	1,02	B2	39,7	43,5	40	14,3	14,3	3,8	1,5	5,3	2,6	7,8	2,8	7,8
Acima Sala TV	4,66	4,6	0,12	1,02	A2	29,9	41,2	29,4	-	11,9	6,8	1,5	8,3	4,2		5,9	14,6
Acima Quarto maior	5,1	4,8	0,12	1,06	B1	28	29,4	43,5	11,4	-	6,8	1,5	8,3	6,5	16,8	4,4	
Acima Q1	3,75	4,5	0,12	1,20	B3	35,2	37	45,5	13,5	13,9	10,5	1,5	12,0	4,6	12,5	3,7	12,1
Acima Q2	3,75	4,5	0,12	1,20	A2	18	23,4	29,20	-	9,8	10,5	1,5	12,0	7,2		5,8	17,2

Tabela 17 - Momentos negativos nos encontros entre lajes

Apoios	Esforços negativos				
	M' i	M' j	0,8 maior	Media	M-
Quarto master/ Quartos 1	13,6	7,6	10,9	10,6	13,6
Varanda/ Quarto master	1,4	0	1,1	0,7	1,4
Varanda/ Sala de TV	2,0	8	6,2	4,9	7,8
Sala TV/ Quartos 1	7,8	7,8	6,3	7,8	7,8
Quarto 1/ Quarto 2	7,6	10,5	8,4	9,0	10,5
Acima Quarto master/ Acima Q1	16,8	12,5	13,4	14,6	16,8
Acima sala tv/ Acima Q1	14,6	12,1	11,7	13,4	14,6
Acima Q1/Acima Q2	12,5	17,2	13,8	14,9	17,2

Tabela 18 - Armação positiva principal de lajes

POSITIVOS	Geometria			Painel de 25 cm												Verificação cortante		
	Lx	Ly	H (m)	D (m)	M sd(kNm)	X (m)	X/D	As calc (cm2/m)	As min (cm2/m)	As (cm2/m)	As painel (cm2)	4xBitola (mm)	Largura painel	Comprimento painel	As reak (cm2)	Vsd (kN)	Vrd1 (kN)	Vrd2 (kN)
Quarto master	4,8	5,1	0,12	0,10	5,0	0,01	0,06	1,21	1,21	1,21	0,30	5	5,1	5,2	0,8	24,1	48,9	376,1
Quarto 1	3,8	4,5	0,12	0,10	4,00	0,004	0,04	0,96	1,21	1,21	0,30	5	3,8	3,8	0,8	19,7	48,9	376,1
Quarto 2	3,8	4,5	0,12	0,10	5,71	0,006	0,06	1,38	1,21	1,38	0,35	5	3,8	3,8	0,8	19,7	48,9	376,1
Varanda	1,8	3,3	0,12	0,10	0,4	0,00	0,00	0,10	1,21	1,21	0,30	5	3,3	3,4	0,8	12,3	48,9	376,1
Sala TV	4,6	4,7	0,12	0,10	3,9	0,00	0,04	0,93	1,21	1,21	0,30	5	4,7	4,7	0,8	17,3	48,9	376,1
Acima Sala TV	4,6	4,7	0,12	0,10	8,3	0,01	0,09	2,03	1,21	2,03	0,51	5	4,7	4,7	0,8	27,0	48,9	376,1
Acima Quarto maior	4,8	5,1	0,12	0,10	6,2	0,01	0,07	1,49	1,21	1,49	0,37	5	5,1	5,2	0,8	29,6	48,9	376,1
Acima Q1	3,8	4,5	0,12	0,10	5,2	0,01	0,06	1,25	1,21	1,25	0,31	5	4,5	4,6	0,8	37,81	48,9	376,1
Acima Q2	3,8	4,5	0,12	0,10	8,1	0,01	0,09	1,98	1,21	1,98	0,50	5	4,5	4,6	0,8	37,81	48,9	376,1

Tabela 19 - Armação positiva complementar (segunda direção) de laje

COMPLEMENTARES	Armadura complementar											Compriment o complement o	Verificação cortante			Traspasse			
	D (m)	M sd(kNm)	X (m)	X/D	As calc (cm2/m)	As min (cm2/m)	As (cm2/m)	S (m)	As (cm2)	Bitola (mm)	As real (cm²)		Vsd (kN)	Vrd1 (kN)	Vrd2 (kN)	Lb (cm)	Lb Nec(cm)	Lb usado (cm)	L traspasse (cm)
Quarto master	0,10	7,40	0,008	0,09	1,84	1,80	1,84	0,15	0,28	8	0,5	4,8	22,7	48,6	370,3	3,52	4,5	10	20
Quarto 1	0,10	3,3	0,00	0,04	0,79	1,80	1,80	0,15	0,27	8	0,5	4,5	23,7	48,6	370,3	3,52	4,6	10	20
Quarto 2	0,10	5,1	0,01	0,06	1,26	1,80	1,80	0,15	0,27	8	0,5	4,5	23,7	48,6	370,3	3,52	4,6	10	20
Varanda	0,10	1,27	0,001	0,01	0,31	1,80	1,80	0,15	0,27	8	0,5	1,8	6,7	48,6	370,3	3,52	4,6	10	20
Sala TV	0,10	3,58	0,004	0,04	0,87	1,80	1,80	0,15	0,27	8	0,5	4,6	17,0	48,6	370,3	3,52	4,6	10	20
Acima Sala TV	0,10	5,90	0,007	0,07	1,45	1,80	1,80	0,15	0,27	8	0,5	4,6	26,6	48,6	370,3	3,52	4,6	10	20
Acima Quarto maior	0,10	9,11	0,010	0,11	2,28	1,80	2,28	0,15	0,34	8	0,5	4,8	27,9	48,8	370,3	3,52	3,6	10	20
Acima Q1	0,10	6,39	0,007	0,07	1,58	1,80	1,80	0,15	0,27	8	0,5	3,8	31,5	48,6	370,3	3,52	4,6	10	20
Acima Q2	0,10	10,10	0,011	0,12	2,54	1,80	2,54	0,15	0,38	8	0,5	3,8	31,5	48,9	370,3	3,52	3,2	10	20

Tabela 20 - Armação negativa de laje

NEGATIVOS	H (m)	D (m)	M sd(kNm)	X (m)	X/D	As calc (cm2/m)	As min (cm2/m)	As (cm2/m)	S (m)	As (cm2)	Bitola (mm)	As real (cm²)	Li	Lj	MAX	Comprimento neg (m)	Gancho (m)	Total (m)
Quarto master/ Quartos 1	0,12	0,09	19,08	0,023	0,25	5,20	1,21	5,20	0,15	0,78	12,5	1,22	4,8	4,5	4,8	2,4	0,08	2,6
Varanda/ Quarto master	0,12	0,10	1,97	0,002	0,02	0,48	1,21	1,21	0,15	0,18	8	0,5	3,3	5,1	5,1	2,6	0,08	2,7
Varanda/ Sala de TV	0,12	0,10	10,88	0,012	0,13	2,75	1,21	2,75	0,15	0,41	8	0,5	1,8	4,6	4,6	2,3	0,08	2,4
Sala TV/ Quartos 1	0,12	0,10	10,96	0,012	0,13	2,77	1,21	2,77	0,15	0,42	8	0,5	4,7	3,8	4,7	2,3	0,08	2,5
Quarto 1/ Quarto 2	0,12	0,09	14,65	0,017	0,19	3,88	1,21	3,88	0,15	0,58	12,5	1,22	4,5	4,5	4,5	2,3	0,08	2,4
Acima Quarto master/ Acima Q1	0,12	0,09	23,49	0,030	0,31	6,59	1,21	6,59	0,15	0,99	12,5	1,22	4,8	4,5	4,8	2,4	0,08	2,6
Acima sala tv/ Acima Q1	0,12	0,09	20,44	0,025	0,27	5,62	1,21	5,62	0,15	0,84	12,5	1,22	4,7	4,5	4,7	2,3	0,08	2,5
Acima Q1/Acima Q2	0,12	0,09	24,12	0,030	0,32	6,80	1,21	6,80	0,15	1,02	12,5	1,22	4,5	4,5	4,5	2,3	0,08	2,4

Tabela 21 - Flechas de lajes

Local	Cálculo de flechas				
	FCQP (kN)	Flecha imediata (mm)	Taxa armação	Flecha infinita (mm)	Flecha admissível (mm)
Quarto master	5,69	2,93	1,01E-03	5,6	10,2
Quarto 1	6,46	0,99	1,01E-03	1,9	9,0
Quarto 2	6,46	1,78	1,15E-03	3,4	9,0
Varanda	4,26	0,07	1,01E-03	0,1	6,6
Sala TV	4,26	1,28	1,01E-03	2,4	9,3
Acima Sala TV	7,25	2,89	1,69E-03	5,3	9,3
Acima Quarto maior	7,25	3,74	1,24E-03	7,0	10,2
Acima Q1	10,95	1,67	1,05E-03	3,2	9,0
Acima Q2	10,95	3,27	1,65E-03	6,0	9,0

Tabela 22 - Cargas de lajes para distribuição em vigas

Cargas das lajes			
Laje	Gk (kN/m ²)	Qk (kN/m ²)	Viga que recebe carga
L1	5,2	1,5	V1
L2	3,8	1,5	V2
L3	3,8	1,5	V3
L4	6,0	1,5	
L5	6,8	1,5	V1
L6	6,8	1,5	V5, V7
L7	10,5	1,5	V7

Tabela 23 - Carregamentos sobre as vigas

Carregamentos										
Viga	Peso Prop (kN/m)	Alvenaria (m)	Carga Alvenaria (kN/m)	Área influência laje (m²)	Gk de laje (kN)	Qk laje (kN)	Outros (kN/m)	Gk (kN/m)	Qk (kN/m)	Carga Total (kN/m)
V1	3,00	2,9	7,3	5,8	6	1,7	1,8	25,8	3,4	58,4
				5,8	8	1,7				
V2	0,7	0,2	0,5	1,7	2	0,8	3,2	6,3	0,8	7,1
V3	1,4			3,9	3	1,3	5,7	10,3	1,3	11,6
			Escada, Concentrada (kN)				11,3	11,3	1,8	13,1
V4	0,585	0,8	2,0				0,3	2,9		2,9
V5	1,4	0,4	1,0	3,9	6	1,3		8,1	1,3	9,4
V6	0,585	0,4	1,0				1,8	3,4		3,4
V7	1,4	2,0	5,0	1,4	3	0,7	1,8	16,7	1,5	36,4
				6,2	5	0,7				

Tabela 24 - Esforços solicitantes sobre as vigas

Esforços Solicitantes						
Viga	L(m)	Gk (kN/m)	Qk (kN/m)	Carga Total (kN/m)	Vk (kN)	Mk (kNm)
V1	5,1	25,8	3,4	58,4	79,7	51,8
V2	3,3	6,3	0,8	7,1	12,5	10,3
V3	4,65				24,7	43,6
V4	2,7	2,9	0,0	2,9	63,3	2,0
V5	4,65	8,1	1,3	9,4	22,3	26,2
V6	2,7	3,4	0,0	3,4	4,6	3,1
V7	2,85	16,7	1,5	36,4	37,3	25,2

Tabela 25 - Armação longitudinal positiva de vigas

Armação Longitudinal positiva																
Viga	L(m)	H(m)	B (m)	D (m)	X (m)	X/D<0.5?	As calculado (cm²)	As min (cm²)	N barras	Diâmetro adotado (mm)	Area (mm2)	As real (cm²)	Lb (cm)	Lb Nec(cm)	Lb usado (cm)	L traspasse (cm)
V1	5,1	0,4	0,3	0,36	0,08	0,21	5,1	1,8	3	16	2,01	6,0	7,04	4,1	16	24
V2	3,3	0,2	0,14	0,17	0,07	0,42	2,3	0,4	3	12,5	1,22	3,7	5,5	2,4	12,5	20
V3	4,65	0,4	0,14	0,37	0,14	0,38	4,4	0,8	4	12,5	1,22	4,9	5,5	3,5	12,5	20
V4	6	0,18	0,13	0,16	0,01	0,09	0,4	0,4	2	8	0,5	1,0	3,52	1,1	10	20
V5	4,65	0,4	0,14	0,37	0,08	0,21	2,5	0,8	3	12,5	1,22	3,7	5,5	2,6	13	20
V6	2,7	0,18	0,13	0,16	0,02	0,15	0,7	0,4	2	8	0,5	1,0	3,52	1,7	10	20
V7	2,85	0,4	0,14	0,37	0,08	0,20	2,4	0,8	2	12,5	1,22	2,4	5,5	3,7	12,5	20
Cinta		0,18	0,13	0,16				0,4	1	8	0,5	0,5	3,52			

Tabela 26 - Armação transversal (estribos) de vigas

Armação Transversal												
Viga	Vd (kN)	Vrd2 (kN)	Vc (kN)	0.67 Vrd2 (kN)	0.6 D (m)	Sw (m)	Asw calc (cm²)	Asw min para cada ramo (cm²)	As suspensã para cada ramo(cm²)	Asw para cada ramo (cm²)	Bitola adotada (mm)	As real (cm²)
V1	111,6	375	71,6	251,2	0,22	0,2	0,37	0,27		0,37	8,0	0,5
V2	17,5	84	16,1	56,6	0,10	0,2	0,06	0,13		0,13	5,0	0,2
V3	34,6	182	34,7	121,7	0,22	0,2	Vc>Vd	0,13		0,13	5,0	0,2
V4	88,6	70	13,4	47,2	0,09	0,2	1,27	0,12		1,27	5,0	0,2
V5	31,2	182	34,7	121,7	0,22	0,2	Vc>Vd	0,13		0,13	5,0	0,2
V6	6,4	70	13,4	47,2	0,09	0,2	Vc>Vd	0,12		0,12	5,0	0,2
V7	52,2	182	34,7	121,7	0,22	0,2	0,16	0,13	0,13	0,16	5,0	0,2

Tabela 27 - Armação de pele e negativas de vigas

Negativo e Pele		
Viga	Pele (mm)	Negativo (mm)
V1	6,3	12,5
V2	Dispensa	12,5
V3	6,3	12,5
V4	Dispensa	8
V5	6,3	12,5
V6	Dispensa	8
V7	6,3	12,5

Tabela 28 - Flechas de vigas

Cálculo de Flechas						
Viga	Fcqp (kN/m)	Flecha imediata (mm)	Flecha permitida em to (mm)	Taxa de armação	Flecha inf (mm)	Flecha permitida infinita (mm)
V1	53,65	4,43	10,2	0,005	7,08	20,4
V2	6,56	5,6	6,6	0,013	6,77	13,2
V3	10,67	4,5	9,3	0,009	6,27	18,6
V4	2,86	1,1	12	0,004	1,81	24
V5	8,49	3,53	9,3	0,007	5,32	18,6
V6	3,39	1,76	5,4	0,004	2,90	10,8
V7	34,36	1,21	5,7	0,004	1,99	11,4

Tabela 29 - Verificação de apoio bloco viga

Verificação viga versus bloco								
Viga	Apoio A	Apoio B (m)	d (m)	As real (cm ²)	Vk Max (kN)	Tensao apoio (Kpa)	Tensão resistente (kPa)	Condição de apoio
V1	0,14	0,3	0,36	6,0	79,7	2656,7	1680	grautear
V2	0,14	0,14	0,17	3,7	12,5	892,9	1680	ok
V3	0,14	0,14	0,37	4,9	24,7	1764,3	1680	grautear
V4	0,3	0,3	0,16	1,0	63,3	984,7	1680	ok
V5	0,6	0,14	0,37	3,7	22,3	371,7	1680	ok
V6	0,3	0,13	0,16	1,0	4,6	164,2	1680	ok
V7	0,14	0,3	0,37	2,4	37,3	1243,3	1680	ok

Tabela 30 - Área de influência (m²) de trechos de bloco estrutural e carregamentos total (kN)

	PAREDE	Área de influência (m²)				Largura (m)	Carga por laje (kN)				Carga Total (kN)
		L1	L2	L3	L4		L1	L2	L3	L4	
1 PAVIMENTO	1	4,7				0,9	31,7				31,7
	2a	6,9				3,15	46,5				46,5
	2b	0,9	2			0,45	6,1	10,6			16,7
	3a		2,6			1,8		13,8			13,8
	3b	7,9				4,65	53,3				53,3
	4		2,3	5,8		0,45		12,2	30,8		43,0
	5	11,8			5	3,75	79,6			37,6	117,1
	6			9,8	9,9	3,3			52,0	74,4	126,4
	7	3,1				1,05	20,9				20,9
	8				6,5	1,95				48,8	48,8
	9				0,8	0,45				6,0	6,0
	10				3	0,3				22,5	22,5
	11				3	0,75				22,5	22,5
	12				4,3	1,05				32,3	32,3
	13				1,5	0,9				11,3	11,3
	14				2,7	1,35				20,3	20,3
	15				1,4	0,75				10,5	10,5
		L5		L6	L7		L5		L6	L7	
2 PAVIMENTO	1	4,7				0,9	39,0				39,0
	2a	6,9				3,15	57,3				57,3
	2b	0,9				0,45	7,5				7,5
	3a					1,8					0,0
	3b	7,9				4,65	65,6				65,6
	4			5,8		0,45			48,1		48,1
	5	11,8			5	3,75	98,0			60,0	158,0
	6			9,8	9,9	3,3			81,4	118,8	200,2
	7	3,1				1,05	25,7				25,7
	8				6,5	1,95				78,0	78,0
	9				0,8	0,45				9,6	9,6
	10				3	0,3				36,0	36,0
	11				3	0,75				36,0	36,0
	12				4,3	1,05				51,6	51,6
	13				1,5	0,9				18,0	18,0
	14				2,7	1,35				32,4	32,4
	15				1,4	0,75				16,8	16,8

Tabela 31 - Resistência de bloco necessárias a cada trecho de parede, em cinza pontos a grautear.

Parede	L (m)	Carga Total (kN)	Nk(kN/m)	f _{pk} (kN/m ²)	f _{bk} (MPa)
1	0,9	70,7	88,6	2990,1	4,7
2a	3,15	103,8	43,0	1450,2	2,3
2b	0,45	24,2	63,7	2150,2	3,4
3a	1,8	13,8	17,7	596,6	0,9
3b	4,65	118,8	35,6	1200,5	1,9
4	0,45	91,2	212,6	7176,9	11,2
5	3,75	275,1	83,4	2814,6	4,4
6	3,3	326,6	109,0	3679,3	5,7
7	1,05	46,6	54,4	1837,2	2,9
8	1,95	126,9	75,1	2534,3	4,0
9	0,45	15,6	44,7	1509,2	2,4
10	0,3	58,6	205,2	6927,7	10,8
11	0,75	58,6	88,1	2973,6	4,6
12	1,05	83,9	89,9	3036,4	4,7
13	0,9	29,3	42,5	1436,0	2,2
14	1,35	52,7	49,0	1655,6	2,6
15	0,75	27,3	46,4	1567,8	2,4

Tabela 32 - Cálculo de carga por plano de parede resistente

Carga por parede resistente			
Trechos	Largura parede (m)	Carga (kN)	Carga (kN/m)
1/7/9/10/11/12/13	14,4	363,3	25,2
2	5,1	128,0	25,1
3	11,25	132,7	11,8
4/5	8,85	366,3	41,4
6/8	9,45	453,5	48,0
15/14	4,05	80,0	19,8

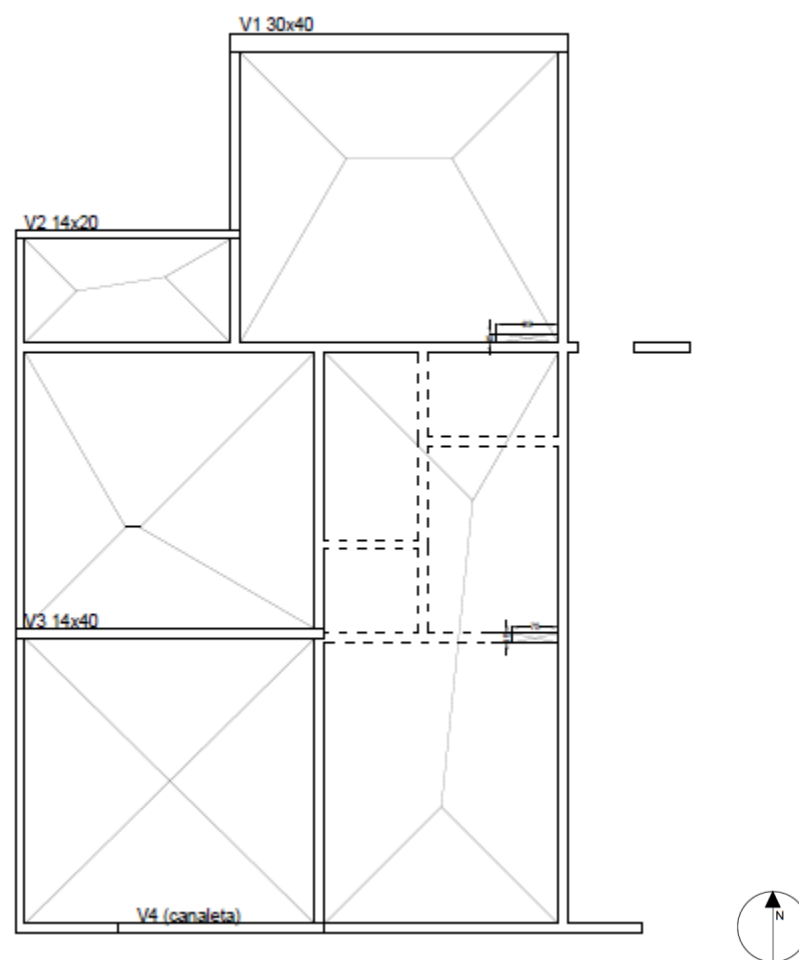


Figura 30 - Área de influência de vigas para laje 1 Pavimento

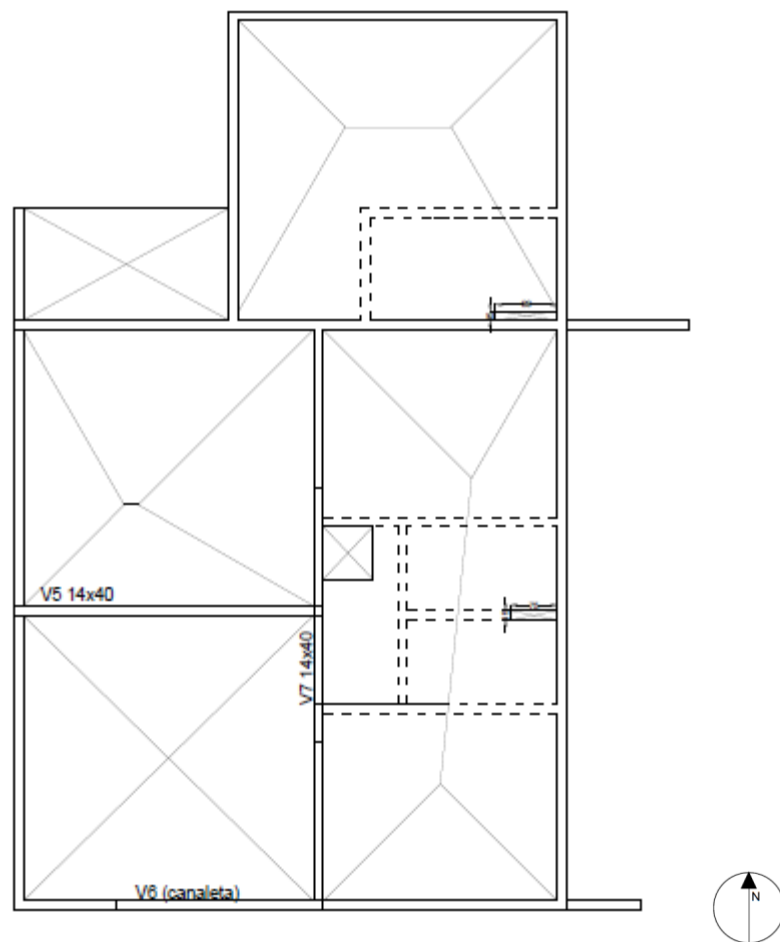


Figura 31 - Área de influência de vigas para laje cobertura

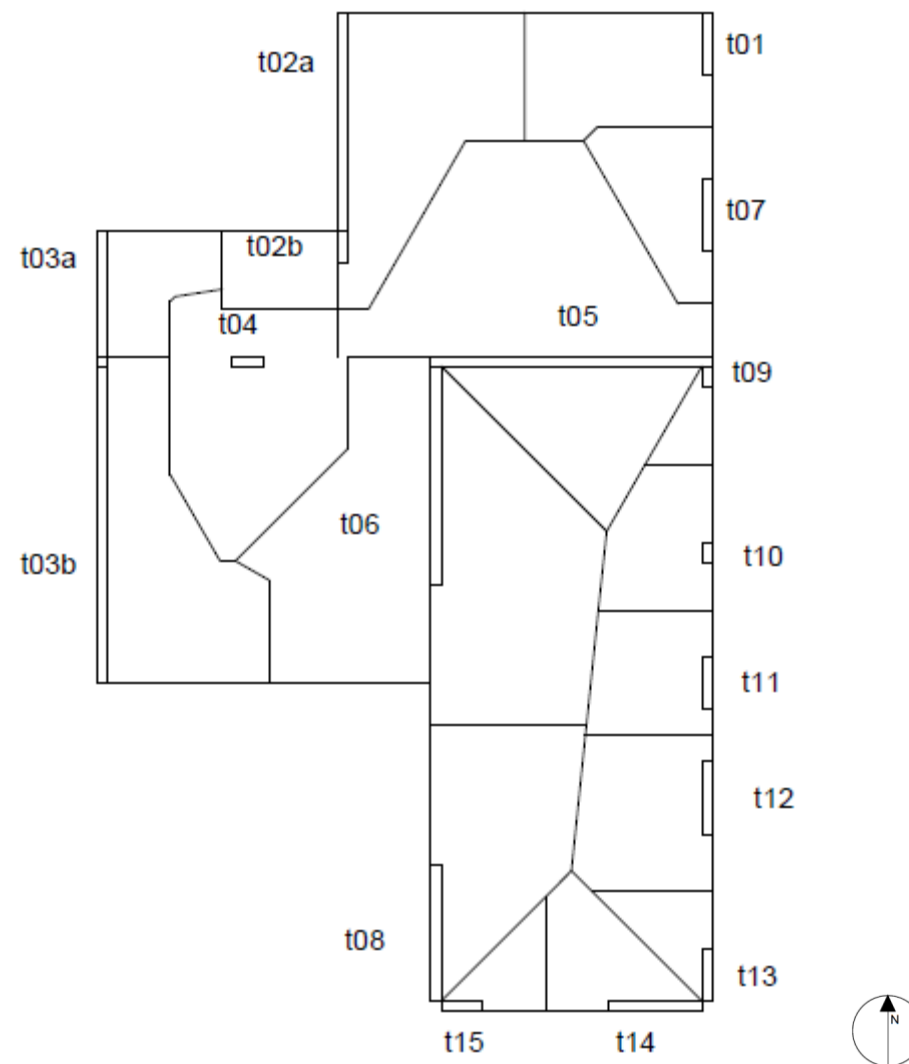


Figura 32 - Área de influência de bloco para laje 1 Pavimento

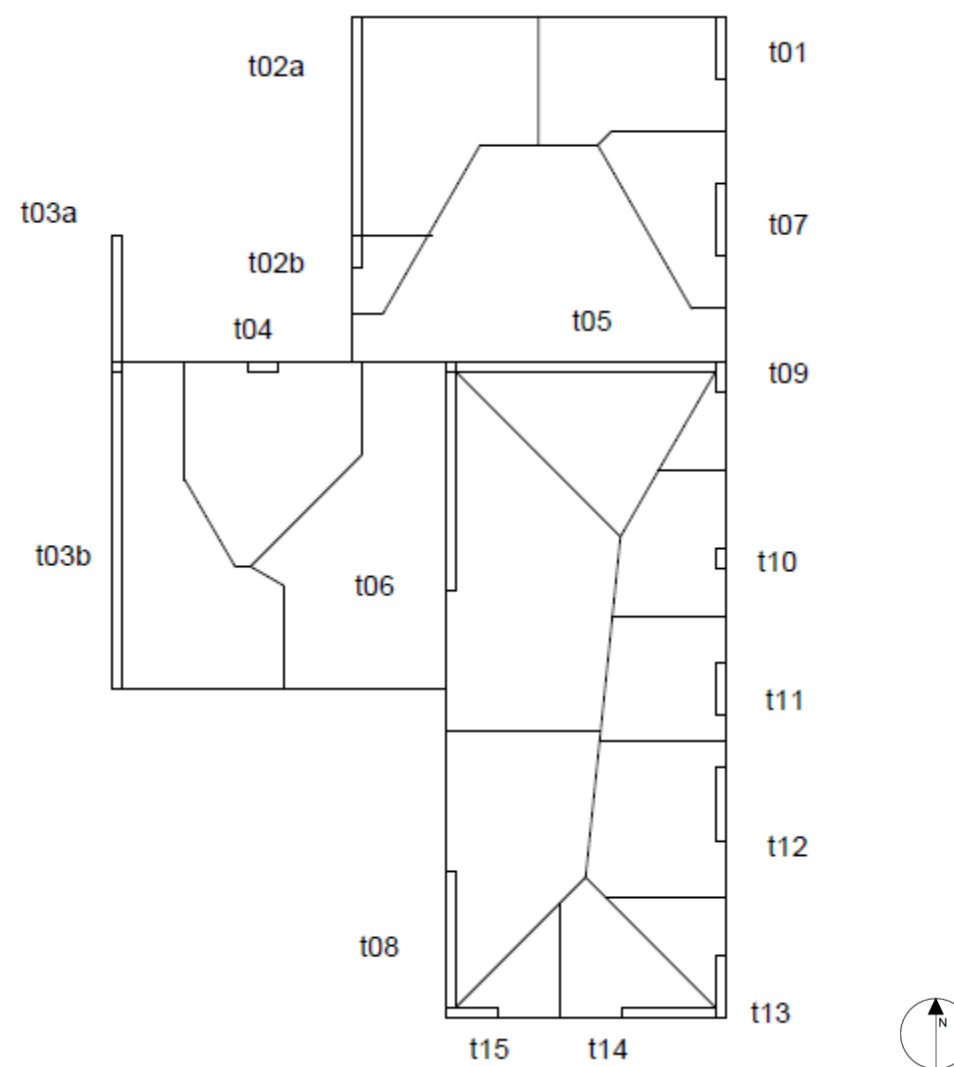


Figura 33 - Área de influência de bloco para laje cobertura

3.4.9 CONCLUSÃO

O projeto de estrutura proporcionou grande aprendizado teórico, pois com este foi possível revisar conceitos, critérios e metodologias de dimensionamento de concreto armado e cargas a serem aplicadas.

O dimensionamento do bloco estrutural e esmagamento do mesmo no contato com as vigas, no entanto, foi conhecimento relativamente novo adquirido, a modelagem da distribuição de cargas sobre os trechos de parede era metodologia já adquirida em aulas, todavia o dimensionamento do bloco em si, bem como o critério de esmagando foi aprendizado adquirido para o projeto, gerando assim maior confiabilidade em se projetar com diversos materiais.

Em termos de concepção do projeto, as dimensões da estrutura, como dito, se apresentam maiores que as necessárias para garantia de critérios máximos e mínimos de Estados Limites, isto ocorre devido a necessidade de se compatibilizar a estrutura com a racionalização intrínseca ao uso da alvenaria estrutural, ou seja, ao compatibilizar tamanhos de lajes e vigas com dimensões de blocos, ganha-se economia em frente de trabalho de, por exemplo, quebras de bloco, maior número de blocos compensadores, enchimentos com argamassa. Estas maiores dimensões, no caso das lajes, também trazem ganhos como maior isolamento acústico entre os andares.

A escolha da armação nas duas direções gera maior garantia de distribuição de cargas, principalmente em locais como alvenaria apoiada, embora esta escolha demande dimensões menores que as colocadas, como previamente explicado, em primeira etapa, chegou-se a fazer armação em apenas uma direção, gerando lajes de 12, 14 e 16 cm em locais com cargas mais elevadas, ou seja, a armação em duas direções também possibilitou a redução de espessuras demasiadas como 16 cm que seriam de difícil compatibilização com blocos de alvenaria tipo “J”.

Também, no projeto, foi escolhido o apoio das lajes painel em mesma direção na residência com o intuito de gerar facilidade construtiva.

Cabe comentar que as vigas cujas alturas se apresentam elevadas tais como a viga de garagem e abaixo da sala de tv auxiliam na noção arquitetônica de divisão ambiental, bem como, no caso da garagem, acaba por ser uma boa altura para se conciliar com instalação do forro necessário para o esgoto do banheiro do quarto máster.

Por fim, apesar dos conhecimentos adquiridos, o projeto poderia ser melhorado em termos de se fazer um melhor estudo dos arranques da escada pré-moldada, cujo dimensionamento foi feito com base no momento máximo proporcionado pela viga, sendo então necessário um melhor aprofundamento de como funcionaria teoricamente um arranque de tal tipo e quais as dimensões exatas do apoio da viga.

Há também a necessidade de se atentar para um melhor detalhamento de pontos onde possivelmente haveria flexão do bloco estrutural de concreto armado, tais como o

apoio da treliça de madeira da churrasqueira, apoio feito com viga de madeira chumbada no bloco; ainda na alvenaria estrutural, poderia se buscar a consideração do efeito arco de uma forma mais rigorosa e entendimento de como é considerado o dimensionamento da cinta de amarração onde se considerou armação mínima.

O projeto de escoramento, com devido dimensionamento do espaço entre escoras e linhas de escoras, melhor demonstração do detalhe da montagem das mesmas geraria um entendimento mais exato do quantitativo e orçamento onde foi pressuposto um escoramento, por hipótese de semelhança, direcionado à vigotas treliçadas.

Por fim, detalhes construtivos como juntas de dilatação, esquema de fôrmas de vigas poderia levar o projeto a um patamar de entendimento melhor.

No entanto, embora muitos acréscimos e melhores estudos sejam necessários para se atingir o nível de detalhamento máximo do projeto de estrutura, o projeto, tal como apresentado, em muito se apresenta superior ao realizado em obras residenciais unifamiliares gerando poucas decisões a serem tomadas em obra que interfiram na estabilidade estrutural da residência e havendo maior prevenção de problemas se comparado ao simples projeto de direção de apoios de lajes e armação de vigas, com o acréscimo da armação complementar e negativos. Portanto, tanto o aprendizado, quanto ganho construtivo comparado à projetos cotidianos, objetivos do trabalho, foram atingidos no presente projeto.

3.5 PROJETO DE COBERTURA

3.5.1 INTRODUÇÃO

O projeto de cobertura é de suma importância para durabilidade e estética da edificação e preservação da saúde do usuário, pois é através da cobertura que se garante a estanqueidade da casa a vento, chuva, ruídos e temperatura, gerando, ainda proteção contra microorganismos, degradação de materiais e conforto ao usuário.

O processo de projeto da cobertura da edificação objeto do trabalho discutiu, inicialmente, a escolha do material do telhado que, primeiramente, foi concebido com platibandas e telhas cimentíceas e logo após telhados cerâmicos com diversas configurações e com beirais.

Chegou-se à solução de dividir a casa em dois níveis de telhamento; um com duas águas e outro com uma água, centralizadas no mesmo eixo junto à parede de divisa sala/varanda conforme pode se ver na Figura 34. Essa concepção se deve a uma escolha de quesito estético-arquitetônico: procurou-se correto balanceamento entre a inclinação mínima do telhado, a altura compatível com a proporção da residência, a manutenção de altura agradável ao pé-direito duplo; e o correto abrigo das caixas de água com altura que proporcionasse sua alocação com coluna de água que atende ao sistema predial e espaço para sua manutenção.

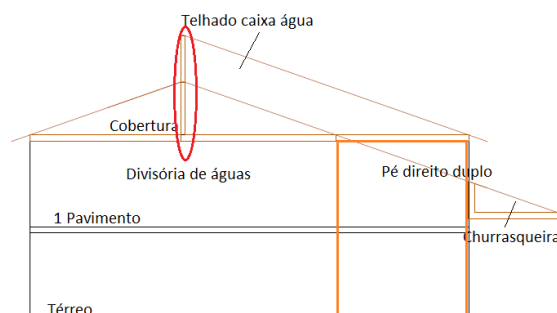


Figura 34 - Desenho esquemático do corte da cobertura

A escolha das telhas considerou a facilidade de serem encontradas no mercado da região e a arquitetura da casa.

Estabelecidas essas premissas, o modelo estrutural adotado foi consequência da escolha da distribuição das águas e inclinação da cobertura.

A cobertura do ambiente de pé direito duplo e varanda, são apoiadas em oitões de alvenaria; as demais áreas de cobertura fazem uso de pontaletes de madeira que proporcionam economia em madeira em relação à alternativas como treliças ou apenas o apoio em oitões em toda a residência.

A churrasqueira, por não possuir laje e alvenarias laterais deverá se apoiar sobre os pilaretes de alvenaria e assim necessitará de uma estrutura treliçada para sua trama.

Deve-se notar que devido ao pé-direito, a correta verificação de esbeltez evitará deformações causadas por flambagem, fazendo-se assim necessário contraventar os pontaletes com madeiras de apoio e, também, em alturas maiores que 2,40 metros fazer um pontaleto com madeiramento composto. Também, os beirais de 60 cm, em planta, serão sustentados pelos caibros de cobertura, sendo necessário verificar a flecha e a resistência à flexão do mesmo.

Construtivamente há diversos detalhes a serem comentados quanto à cobertura: os pontaletes devem ser posicionados de forma a possibilitar o acesso às caixas d'água, bem como, deve haver espaço para seu barrilete e o boiler de aquecimento de água; elementos compensadores devem ser colocados junto às bordas de laje (Figura 35), para o correto apoio do madeiramento, todavia, quando este elemento compensador se for visível, como por exemplo, na laje de cobertura acima da sala de tv, optou-se por colocar poliestireno expandido de 10mm, à frente da madeira para que este possibilitasse que a madeira não entre em contato com a água da argamassa de chapisco do revestimento da área, possibilitando uma uniformidade estética e prevenindo fissuração nesta parede (Figura 36). Também, escolheu-se realizar a cobertura após a execução do revestimento externo em áreas de interferência entre os dois sistemas, por proporcionar facilidade na execução de revestimento comparada à alternativa contrária (cobertura antes de revestimento), podendo-se também fixar os rufos com parafusos e silicone ao fim da execução da cobertura e sobre o revestimento.

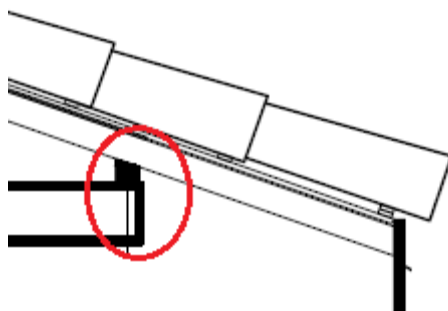


Figura 35 - Detalhe de bordas de laje não visível versus cobertura

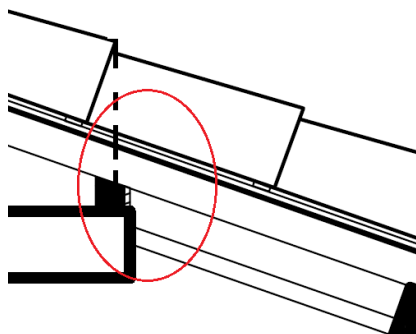


Figura 36 - Detalhe de borda de laje visível versus cobertura

Arquitetonicamente, fez-se a opção de não utilizar calhas para escoamento de águas pluviais sendo a tabeira colocada com fins estéticos de esconder o madeiramento do telhado. As tabeiras serão fixadas nos caibros e vigas laterais, havendo pequena sobra de espessura no caso das vigas em locais de pouca visibilidade. Também, rufos serão utilizados, devendo se apenas ressaltar um rufo próximo à chaminé da churrasqueira que, por ser perpendicular ao caimento do telhado deverá ter sua inclinação feita de modo “artificial” através da inclinação da sua linha de parafusamento conforme Figura 37.

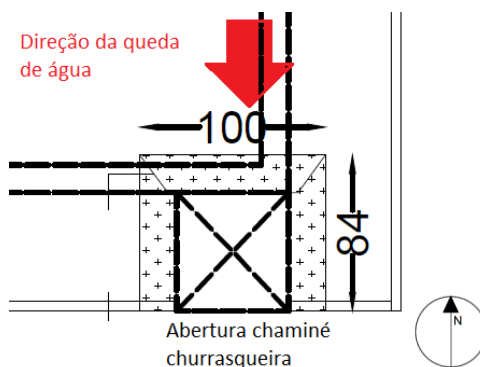


Figura 37 - Detalhe de rufo com caimento construtivo

O isolamento do telhado será feito pela instalação de mantas térmicas na área de telhamento correspondente à água do pé-direito duplo, pois estas auxiliam na contenção de poeiras e goteiras, protegendo o forro instalado.

Esta manta deverá ficar entre o caibro e o contra-caibro, sendo o último não apenas um auxiliar para sua fixação, mas também uma questão de segurança para que o carpinteiro consiga identificar corretamente os pontos de apoio para deslocamento.

A argamassa de assentamento recomendada é retirada do manual técnico da fornecedora Top Telha, sendo este uma argamassa 1:2:9 (cimento, cal e areia) em volume.

A Considerações da telha

A telha colonial empregada será a cerâmica tipo capa-canal como visto na Figura 38.



Figura 38 - Telha Colonial utilizada na cobertura. Fonte: Top Telha

Há grande variação das dimensões da telha de fornecedor para fornecedor, assim para a execução do telhado em si, pegou-se aquela que possui um rendimento e dimensões médias.

São suas características:

Tabela 33 Características médias da telha colonial. Fonte: Cerâmica Top Telha

Telha Colonial	
Largura (cm)	20 e 15
Comprimento (cm)	48
Peso (kg/Telha)	2.5
Peso Uniforme (kg/m ²)	60
Inclinação Mínima (%)	35

B Considerações estruturais

A estrutura é composta de multi camadas de tramas de madeira; assim, seu dimensionamento se dá de “cima para baixo”:

- Ripa ou camada superior de madeiramento: espaçamento estabelecido pela galga mínima, em função do tipo de telha utilizada. A galga mínima para uma telha de 48 cm é de 40 cm, segundo a norma, todavia para o fabricante indica 35 cm, pois pressupõe certa sobreposição de pelo menos 6 cm entre as telhas para garantia de desempenho. Sendo galga a distância entre os eixos das ripas de madeira que suportam longitudinalmente a telha. Tal camada é suportada pela trama de caibros.
- Caibro ou camada intermediária de madeiramento: Trama espaçadas em 50 cm, usual de mercado, para ripas de 1x 3 cm, e apoiadas pela camada de vigas.
- Vigas: espaçamento a ser dimensionado por critérios de Estado Limite Último e de Serviço do caibro. No caso da área do pé-direito duplo, como dito, estes se

apoiarão nos oitões de alvenaria estrutural, se constituindo a camada inferior de madeiramento. No caso das lajes de cobertura, estes ainda serão apoiados pelo pontaleamento ou treliça na área de churrasqueira.

- Pontaletes: Madeiramento vertical que constitui apoio às vigas nas lajes de cobertura com espaçamento e dimensões por critérios de Estados Limites das vigas.
- Treliça de madeira para a churrasqueira, espaçada conforme os apoios estabelecidos na arquitetura.

O dimensionamento das madeiras deve estar atrelado também às suas características físicas e tamanhos comerciais disponíveis. Para consulta de tamanhos foi utilizado o site da empresa Leroy Merlin na região de Ribeirão Preto.

Por fim, o telhado imediatamente acima do quarto máster servirá de suporte ao painel solar fotovoltaico, pois trata-se da face Norte da residência, fornecedores definem como regra básica de dimensionamento de inclinação do painel como a soma da latitude da cidade com o número dez, no caso da cidade de Ribeirão Preto esta resultaria em uma inclinação de 31 graus. Sendo o telhado de 35% de inclinação equivalente à 19,3 graus, deve-se acrescentar a carga de uma pequena estrutura de aço para compensar a necessidade de inclinação (12 graus).

3.5.2 DIMENSIONAMENTO

A Normas

As normas tomadas como referência para o dimensionamento e compreensão dos requisitos da estrutura de cobertura são:

- NBR 7190:1997. Projeto de estrutura de madeira;
- NBR 6120:2000. Cargas para cálculo de estruturas de edificações;
- NBR 15310:2009. Componentes cerâmicos- Telhas- Terminologia, requisitos e métodos de ensaio.
- Apostila “Estruturas de Madeira” (sem data). Prof. Carlos Alberto Szucs. Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina.

B Cargas atuantes e características das madeiras

São cargas atuantes:

- O peso próprio das telhas úmidas.
- O peso próprio das ripas.
- O peso próprio dos caibros.
- O peso próprio das vigas.
- O peso próprio dos pontaletes.

A norma também estabelece que o dimensionamento deve prever uma carga concentrada de 1 kN no vão da peça, na região mais desfavorável. Essa carga foi tomada, também, como carga acidental para manutenção e construção do telhado.

Embora os fabricantes indiquem uma carga distribuída de telhas de 600 kg/m², o telhado possui um coeficiente de absorção de água, limitado pela norma, de 20%.

Para estimar a carga das madeiras deve-se saber sua densidade, bem como, para fazer cálculo de seus Estados Limites em seu dimensionamento, deve-se saber suas características de resistência.

São espécies comuns no mercado de Ribeirão Preto, segundo consulta ao site Leroy Merlin, o Pinus Elliot, Eucalipto e Peroba.

Através de consulta ao banco de dados do IPT, pela palavra chave “Peroba”, na região Sudeste e com uso para construção civil, é possível achar determinadas características físicas da espécie. Estas características aliadas à resistência da classe Dicotiledônea C40, a qual a Peroba Rosa pertence, nos trás os seguintes dados:

Tabela 34 - Características físicas da madeira tipo Peroba Rosa Fonte: IPT

Madeira	Densidade (kg/m ³)	Ecom (Mpa)	Fco (Mpa)	Ft 90 (Mpa)	Fv (Mpa)
Peroba-Rosa	950	19500	54.4	8.1	11.9

No entanto, embora se tome a Leroy Merlin como indicativo de facilidade de se encontrar no mercado, é necessário fornecer alternativas à construção. As alternativas foram retiradas do fornecedor Zanchet Madeiras, sendo elas Garapeira, e Camaru cujas propriedades superiores em termos de resistência à compressão e relativamente similares no que diz respeito às flechas proporcionadas. Cabe notar que o dimensionamento ainda assim foi feito com base nas espécies Eucalipto e Peroba, primeiramente pela facilidade de se encontrar dimensões pequenas de madeiramento em Eucalipto (ripas, caibros, pontaletes), em segundo lugar, como dito, pela Peroba possuir características físicas inferiores às demais espécies citadas, proporcionando segurança na compra uma vez que não se sabe a espécie que o cliente irá optar.

Ressalta-se que o uso do Eucalipto, embora seja solução de baixo custo, alta oferta e promover sustentabilidade, por ser madeira de reflorestamento e crescimento rápido, demanda atenção na compra e instalação: primeiramente, deve-se certificar que o mesmo esteja em boas condições de secagem, por ser uma madeira de alta deformação junto à umidade e, sem segundo lugar, deve-se procurar madeiras tratadas para evitar exposição à ataque de organismos xilófagos.

Tabela 35 Características físicas das madeiras tipo Pinus e Eucalipto Fonte: NBR7190:1997

Madeira	Densidade	Ecom (Mpa)	Fco (Mpa)	Fto (Mpa)	ft 90 (Mpa)	Fv (Mpa)
Pinus elliot	560	11889	40,4	66	2,5	7,4
Eucalipto	739	13166	46	85,1	4,1	8,3
Garapeira	892	18359	78,4	108	6,9	11,9
Camaru	1090	23002	93,2	133,5	2,9	10,7

Tais características podem ser extraídas da NBR7190.

No caso, Ribeirão Preto, para vigas, possui também como espécie comum a Peroba.

Onde.

- Fc0 é a resistência à compressão paralela às fibras.
- Ft0 é a resistência à tração paralela às fibras.
- Ft90 é a resistência à tração normal às fibras.
- Fv0 é a resistência ao cisalhamento.
- Ec0 é o módulo de elasticidade longitudinal obtido no ensaio de compressão paralelo às fibras.

Para o aquecimento de 200l de água, recomenda-se um painel fotovoltaico de área de aproximadamente 2 m² com 26 kg de massa, resultando em uma carga distribuída sobre os caibros, local de apoio da estrutura de aço galvanizado. Tal carregamento resultaria em uma diminuição do espaçamento entre as vigas (110 cm para 105 cm, devido à 70 N/m adicionais sobre o caibro), no entanto, a própria carga concentrada estipulada pela norma como 1 kN no ponto mais desfavorável contempla tal acréscimo uma vez que não haverá deslocamento de pessoas, ao realizar manutenção, sobre o próprio painel bem como a diminuição do espaçamento em 5 cm provavelmente está dentro da própria variação de precisão geométrica do telhadista em obra, fator contemplado com segurança pelos coeficientes de “majoração” de cargas e “minoração” de resistência de materiais.

Seja um elemento “i” de madeira, apoiado sobre um elemento “j”, a equação para cálculo do peso linear de “i” sobre “j” será:

$$\begin{aligned}
 & \text{Peso Linear } I \text{ sobre } J \left(\frac{N}{m} \right) \\
 &= \text{Altura } i \text{ (m)} * \text{Largura } i \text{ (m)} * \text{Espaçamento entre apoios } i \text{ (m)} \\
 & * \text{Densidade Madeira } i \left(\frac{kg}{m^3} \right) * 10 \frac{m}{s^2} \\
 & \div \text{espaçamento entre apoios } J \text{ (m)}
 \end{aligned}$$

A partir da soma das cargas distribuídas que atuam em determinado elemento é possível retirar os esforços solicitantes para a verificação de Estados Limites e, consequentemente, as geometrias das peças.

C Estado Limite de Serviço

O limite de flecha estabelecido pela norma NBR7190 será de:

- $L(\text{vão})/200$
- $L(\text{vão})/100$ no caso de estruturas em balanço como nos beirais.

A flecha (F) se dá pelas seguintes equações para o caso de carga distribuída lineramente (p) e carga acidental concentrada (P) será:

$$F = \frac{5pL^4}{384 E I}$$

$$F = \frac{PL^3}{48 E I}$$

Onde E é o módulo de elasticidade efetivo do material, L seu vão e I seu momento de inércia.

A combinação de carregamento p ou P depende da classificação e durabilidade do carregamento em questão, no caso, a estrutura se trata de um carregamento durador do tipo normal, resultando no coeficiente $\psi_2=0.2$ para cargas acidentais (local onde não há predominância de pesos de equipamentos fixos e concentração de pessoas).

Também, as equações de flecha estão colocadas para carregamento perpendicular ao eixo da barra de modelagem, devendo, portanto, o carregamento ser corrigido pelo cosseno do ângulo correspondente à inclinação do telhado.

A tesoura correspondente à área da churrasqueira teve sua flecha calculada com auxílio do software Ftool, sendo a seção com maior flecha a utilizada para comparação com a admissível.

Por fim, as propriedades da madeira também são dependentes das características ambientais da região e do fornecedor através dos índices K_{mod} (coeficiente de modificação).

Para madeira serrada tem-se:

- K_{mod1} depende da durabilidade do carregamento. Neste caso é um carregamento permanente. $K_{mod1}=0.6$.
- K_{mod2} depende da classe de umidade do ambiente no qual a madeira se expõe. Ribeirão preto possui umidade entre 60 a 80% entre o verão e inverno, levando à classe de umidade 3. $K_{mod2}=0.8$.
- K_{mod3} depende da qualidade da madeira, sendo considerada uma de segunda categoria aquela que possui pequenos defeitos, e primeira categoria aquela que não possui defeitos. Sendo a madeira emparelhada, devido ao seu acabamento mais estético, é de se esperar que haja diferenças de dimensões na peça, nos levando a colocar um $K_{mod3}=0.8$.
- K_{mod} total é o resultado da multiplicação dos antes citados, resultando em $K_{mod}=0.384$.

Assim, minora-se o módulo de elasticidade em:

$$E_{cef} = E_{com} * K_{mod}$$

Também, deve se lembrar que para uma peça retangular.

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

D Estado Limite Último

Adota-se primeiramente, o coeficiente de majoração das ações em $\gamma=1.4$ sobre as cargas atuantes nos elementos. Os esforços solicitantes são retirados da modelagem do elemento como biapoiado conforme o espaçamento da trama inferior ao mesmo. A treliça, por sua vez, teve seus esforços calculados com o auxílio do software Ftool.

Cada elemento, devido à natureza de seu carregamento e inclinação, sofre esforços distintos:

- Caibros devem ser verificados à flexo compressão, pois sua inclinação gera força normal paralela às suas fibras
- Vigas devem ser verificadas à flexão simples.
- Pontaletes devem ser verificados à compressão atentando-se aos limites de esbeltez para caso de flambagem.
- Tesouras se assemelham aos caibros, devendo ser verificadas à flexo-compressão e seus entalhes devem ser verificados em caso de cisalhamento e esmagamento por compressão. Foram feitas verificações em duas seções, aquela com maior momento fletor e aquela com maior força normal.

No caso de flexão pura tem-se o seguinte equacionamento:

$$f_{c0d} = K_{mod} \frac{F_{c0k}}{\gamma_w}$$

Onde F_{c0} remete a resistência a compressão da madeira no sentido das fibras (0 graus) e γ_w o coeficiente de minoração da resistência a compressão de valor 1.4.

A tensão existente na madeira resultante da compressão será dada pelo momento solicitante M_d e :

$$\sigma = \frac{M_d}{W}$$

Onde para uma seção retangular de altura H :

$$W = \frac{I}{H/2}$$

Para garantir que a seção possua resistência maior que a solicitação, estabelece-se

$$\sigma \leq f_{c0d}$$

No caso de flexo-compressão e compressão simples tem-se o seguinte equacionamento:

$$i = \sqrt{I/A}$$

Onde i é o raio de giração da peça, I é o momento de inércia e A sua Área.

$$\lambda = L/i$$

Onde λ é a esbeltez da peça, L seu comprimento teórico de referência.

Onde ela será considerada uma peça curta se sua esbeltez for menor ou igual à 40; medianamente esbelta se entre 40 e 80 (incluindo); e esbelta se maior que 80, sendo que não deverá ultrapassar 140.

Primeira verificação a flexo compressão se dá pela equação:

$$\left(\frac{\sigma Nd}{f_{c0d}}\right)^2 + \frac{\sigma Md}{f_{c0d}} \leq 1$$

A partir disto verifica-se a estabilidade da mesma por compressão.

$$\left(\frac{\sigma Nd}{f_{c0d}}\right) + \frac{\sigma Md}{f_{c0d}} \leq 1$$

Para uma peça medianamente esbelta, no caso os caibros e tesouras: corrige-se a excentricidade do carregamento através de diversos coeficientes que levam em conta o tamanho de flambagem (Le), a excentricidade acidental mínima (Ea), que se soma à excentricidade de primeira ordem decorrente do projeto ($E1$) para gerar a excentricidade efetiva ($Eefe$). Assim, calcula-se a carga crítica de flambagem (FE) para se chegar à excentricidade de projeto (Ed) que aplicada à normal de projeto levará à tensão decorrente que deverá ser testada em uma última verificação de flexo-compressão menor que 1.

$$Ea = \frac{Le}{300} \text{ ou } \frac{H}{30} \text{ (mínimo)}$$

$$E1 = \frac{Md}{Nd}$$

$$Eefe = Ea + E1$$

$$FE = \pi^2 E_{c0ef} \frac{I}{L^2}$$

$$Ed = Eefe \left(\frac{FE}{FE - Nd} \right)$$

$$Md1 = Nd * ed$$

$$\sigma Md1 = Md/W$$

$$\frac{\sigma Nd}{f_{c0d}} + \frac{\sigma Md1}{f_{c0d}} \leq 1$$

Para uma peça esbelta, no caso os caibros da churrasqueira e pontaletes, tem-se:

$$Md = Nd * Eefe * \left(\frac{FE}{FE - Nd} \right)$$

$$E_{efe} = E_1 + E_a + E_c$$

$$E_c = (e_i + e_a) * \left\{ \exp \left[\frac{\phi * [Ngk + \psi * Nqk]}{FE - [Ngk + \psi * Nqk]} \right] - 1 \right\}$$

Onde Ngk e Nqk são os valores característicos da força normal devidos às cargas permanentes e variáveis. E ϕ é o coeficiente de influência dado pela classe de carregamento versus classe de umidade do elemento, para a classe de umidade 3 com carregamento permanente e de longa duração para a carga permanente, tem-se um coeficiente ϕ de 2 e ψ de 0.2 como previamente explicado.

Considera-se que os elementos possuem vinculação que impede sua rotação no eixo longitudinal sendo dispensada a verificação à estabilidade lateral.

No caso de entalhes de dente único a verificação a ser feita é, primeiramente:

$$\tau_d \leq f_{v0d}$$

Onde τ_d é a máxima tensão de cisalhamento atuando no ponto mais socilitado da peça e f_{v0d} é a resistência de cálculo ao cisalhamento paralelo às fibras.

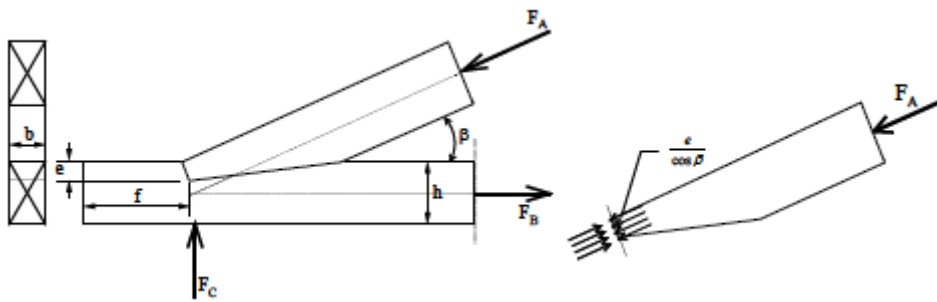


Figura 39 -Esquema de características geométricas para verificação de entalhe único em madeira. Fonte: Szucs (sem data).

$$f_{v0d} = K_{mod} * \frac{f_{vok}}{1.8}$$

$$\tau_d = \frac{V_d}{A_{ei}}$$

$$A_{ei} = f * b$$

$$V_d = F_a \cos \beta$$

Ao mesmo tempo, deve-se verificar a compressão na região de apoio do elemento estrutural.

Caso a tensão normal de compressão seja inclinada em relação à fibra da madeira, a NBR 7190 considera redução da resistência para ângulos β maiores que seis graus. No caso de ser maior que seis graus, a condição de segurança é dada por:

$$\sigma_{c\beta d} \leq F_{c\beta d}$$

$$F_{c\beta d} = \frac{f_{c0d} * f_{c90d}}{f_{c0d} * \sin^2 \beta + f_{c90d} * \cos^2 \beta}$$

$$\sigma_{cad} = Nd/Ac$$

$$Ac = b * e / \cos\beta$$

3.5.3 QUANTITATIVO E CUSTOS

Os preços foram obtidos da loja online Leroy Merlin, Madevel, e site Acacia Madeiras.

Não foram considerados materiais diversos como pregos, parafusos, isopor, buchas.

O preço da mão de obra foi retirado do site Guia da Construção Web, sendo o preço de um telhadista em R\$ 5.90/h e ajudante em R\$ 4.85/h, assim, estimando-se um máximo de 4 semanas (20 dias) com 9 horas de trabalho têm-se um custo de mão-de-obra de R\$1400,00, levando-se em conta um aumento em 110% para fins de embutimento de impostos trabalhista, tem-se R\$ 2800. Assim, considera-se que o telhadista cobrará uma empreitada de R\$ 3000,00 para confecção da cobertura.

Os quantitativos abaixo apresentados não apresentam margem de perdas, pois estes serão acrescidos como margem de custo final dentro da estimativa de físico-financeiro.

Tabela 36 - Custo de madeiramento ripas, caibros, vigas, terças e tabeira

Elemento	A (cm)	B (cm)	Espécie	Telhado I	Telhado II	Preço (R\$/m)	Telhado I	Telhado II	Custo (R\$)
				Comp (m)	Comp (m)		Custo (R\$)	Custo (R\$)	
Ripa	3	1	Eucalipto	375,5	166,4	4,3	1614,7	715,5	2330,2
Caibro	6	6	Eucalipto	251,5	116,6	25,3	6371,0	2953,7	9324,6
Viga 1	5	15	Peroba	62,2	46,8	27,0	1679,4	1263,6	2943,0
Viga 2	5	20	Peroba Aparelhada	19,2	0	40,0	768,0	0,0	768,0
Terça	5	10	Peroba	23,7		19,0	450,3	0,0	450,3
Tabeira	2	20	Eucalipto	37	31	25,0	925,0	775,0	1700,0
								Total	17516,1

Tabela 37 - Custo de madeiramento pontaletes

Pontaletes	Telhado I		Telhado I		A (cm)	B (cm)	Espécie	Preço (R\$/m)	Telhado I	Telhado II (R\$)	Custo (R\$)
	Base (m)	Var (m)	Base (m)	Var (m)					Custo (R\$)	Custo (R\$)	
P1	4,6	5,8			5	15	Peroba	27,0	280,8	0	280,8
P2	2	11,7	2	3,4	5	15	Peroba	27,0	369,9	145,8	515,7
P3	0,75	1	0,75	0,4	5	15	Peroba	27,0	47,25	31,05	78,3
P4	0,6	0	0,6		5	15	Peroba	27,0	16,2	16,2	32,4
									Total (R\$)		907,2

Tabela 38 - Custo de madeiramento detalhes

Detalhe	A (cm)	B (cm)	Espécie	Comp (m)	Preço (R\$/m)	Custo (R\$)	Local
D1a	5	10	Peroba	4,1	19,0	77,9	Telhado II
D1b	5	10	Peroba	0,9	19,0	17,1	Telhado II
D4	5	10	Peroba	9,5	19,0	180,5	Telhado II
D5	5	10	Peroba	0,6	19,0	11,4	Telhado I
D6	5	10	Peroba	4,95	19,0	94,1	Telhado I
D9	5	15	Eucalipto	0,75	28	21,0	Telhado I
D10	5	10	Eucalipto	0,4	16	6,4	Telhado I
D11	1,5	10	Eucalipto	1,8	144,1	259,4	Telhado I
D12	1,5	10	Eucalipto	1,2	14,4	17,3	Telhado I
Apoio da treliça	5	15	Peroba	5,3	27	143,1	Telhado I
					Total (R\$)	828,1	

Tabela 39 - Custo de telhas, isolamento, rufos e forro

Elemento	Telhado I	Telhado II	Preço (R\$/unid)	Telhado I	Telhado II	Custo (R\$)
Telhas Coloniais (no)	2890	4256	1,3	3757	5532,8	9289,8
Isolamento (m²)	42		7,5	315		375
Rufo branco (m)	54,2	13,2	15	813	198	1011
Forro madeira em Teca (m²)	20,7	0	140	2898		2898
Aço de reforço oitão 2φ 6,3 (kg)	15,9	4,9	3,4	54,1	16,7	70,8
Aço de reforço (m)	130,1	40,0				
Concreto para oitão (m³)	1,8	1,1	200	364,3	224,3	588,6
Fôrma madeira oitão 30x1,5 cm	65,1	20,0	3,4	221,2	68,1	289,3
					Total (R\$)	14522,4

Tabela 40 - Custo de material para cobertura por telhado

Material	Telhado I	Telhado II	Custo (R\$)
	Custo (R\$)	Custo (R\$)	
Estrutura e Tabeira	13075	6176	19251
Telha	3757	9290	13047
Isolamento		375	375
Rufo	198	1011	1209
Forro	2898		2898
Aço para oitão	54	17	71
Concreto para oitão	364	224	589
Fôrma para oitão	221	68	289
		Total (R\$)	37729

Tabela 41 - Custo total de material e mão de obra do telhado

Custo de material (R\$)	37729
Custo de mão de obra (R\$)	3000
Custo de cobertura (R\$)	40729

3.5.4 MEMORIAL DE CÁLCULO

- Cargas:

Quadro 42 - Carga de telhas de cobertura. Fonte: NBR15310:2009

Telha seca	600	N/m ²
Telha úmida	780	N/m ³

Tabela 43 - Cálculo de carga das ripas da cobertura

Ripa	b (cm)	h (cm)
Bitola	3	1
Madeira Eucalipto	739	kg/m ³
Espacamento	0,35	m
Carga	6,3	N/m ²

Tabela 44 - Cálculo de carga dos caibros da cobertura

Caibro	b (cm)	h (cm)
Bitola	6	6
Espacamento	0,5	m
Madeira Eucalipto	739	kg/m ³
Carga Caibro	53,2	N/m ²

Tabela 45 - Cálculo de carga das vigas de madeira da cobertura

Viga	b (cm)	h (cm)
Bitola	5	15
Madeira Peroba	950	kg/m ³
Espacamento	1,1	m
Carga	64,8	N/m ²

Tabela 46 - Cálculo de carga das vigas do pé-direito duplo da cobertura

Viga: Pé direito duplo	B (cm)	h (cm)
Bitola	5	20
Madeira Peroba	950	kg/m ³
Espacamento	1,1	m
Carga	86,4	N/m ²

Tabela 47 - Cálculo de carga dos pontaletes da cobertura

Pontalete	B (cm)	h (cm)
Bitola	15	5
Madeira Eucalipto	739	kg/m ³
Espacamento	2,6	m
Carga	21,3	N/m ²

Tabela 48 - Cálculo de carga dos caibros da cobertura de churrasqueira

Caibro: Churrasqueira	B (cm)	h (cm)
Bitola	6	6
Espaçamento	0,5	m
Madeira Eucalipto	739	kg/m ³
Carga Caibro	53,2	N/m ²

Tabela 49 - Cálculo de carga das vigas da cobertura de churrasqueira

Viga: Churrasqueira	b (cm)	H (cm)
Bitola	5	15
Madeira Peroba	950	kg/m ³
Espacamento	1,4	m
Carga	50,9	N/m ²

Tabela 50 - Cálculo de carga da tesoura da cobertura de churrasqueira

Tesoura	B (cm)	h (cm)
Bitola	5	10
Madeira Eucalipto	439	kg/m ³
Espacamento	2,45	m
Carga	9,0	N/m ²

Tabela 51 - Dados gerais e carregamentos da cobertura

Dados								Cargas (N/m)					
Elemento	Madeira	Ecom (Mpa)	Densid (kg/m ³)	Espaç (m)	Vão (m)	B (cm)	H (cm)	Peso Prop.	Devido Telha	Devido Ripas	Devido Caibro	Devido Terça	Gk
Caibro	Eucalipto	13166	739	0,5	1,1	6	6	2,7	390	3,2			395,8
Viga	Peroba	19500	950	1,1	2,6	5	15	7,1			435,4		442,5
Pontalete	Eucalipto	13166	739	2,6	3	15	5	16,6				1150,6	1167,2
Viga: pé direito duplo	Peroba	19500	950	1,1	4,65	5	20	9,5			554,2		563,7
Caibro Churrasqueira	Eucalipto	13166	739	0,5	1,4	6	6	2,7	390	3,2			395,8
Viga Churrasqueira	Peroba	13166	739	1,4	2,15	5	15	5,5			554,2		559,7
Tesoura Churrasqueira	Eucalipto	13166	739	2,15	2,95	5	10	3,7				1203,4	1207,1

- Flechas calculadas e admissíveis

Tabela 52 - Cálculo de flechas imediatas e admissíveis da cobertura

Elemento	Vão (m)	Geometria			Cargas			Ecom (Mpa)	Eef (Mpa)	Flecha (cm)			
		B (m)	H (m)	I (m ⁴)	Gk (N/m)	Qk (N)	ψ2 Qk (N)			Flecha distribuid	Flecha concent	Flecha Total	Limite
Caibro	1,1	0,06	0,06	1,08E-06	373,6	944	188,8	13166	5056	0,13	0,096	0,23	0,55
Viga	2,6	0,05	0,15	1,41E-05	442,5	1000	200	19500	7488	0,25	0,07	0,32	1,3
Pontalete	3	0,15	0,05	1,56E-06	1167,2	1000	200	13166	5056		9,23E-05	9,23E-05	1,5
Viga: pé direito duplo	4,65	0,05	0,2	3,33E-05	563,7	1000	200	19500	7488	1,375	0,168	1,54	2,33
Beiral dos caibros	0,65	0,06	0,06	1,08E-06	373,6	943,9	188,8	13166	5056	0,002	0,003	4,69E-03	0,01
Beiral das terças	0,65	0,05	0,15	1,41E-05	442,5	1000	200	19500	7488	9,40E-05	1,70E-04	2,68E-04	0,01
Caibro Churrasqueira	1,4	0,06	0,06	1,08E-06	374	944	189	13166	5056	0,342	0,198	0,54	0,7
Viga Churrasqueira	2,15	0,05	0,15	1,41E-05	559,7	1000	200	13166	5056	0,219	0,058	0,28	1,08
Tesoura Churrasqueira	1,55	0,05	0,1	4,17E-06	1207,1	1000	200	13166	5056			0,2	0,78

- Esforços solicitantes e verificação à flexão simples:

Tabela 53 - Cálculo dos esforços solicitantes e verificação à flexão pura da cobertura

Elemento	Esforços solicitantes				Flexão Simples					
	N max (kN)	Mmax (kNm)	Nd max (kN)	Mdmax (kNm)	Fc0k (Mpa)	Fc0d (Mpa)	Md (Nm)	I (m ⁴)	W (m ³)	σd (MPa)
Caibro	0,47	0,32	0,66	0,44	46	12,62	442,4964	1,08E-06	0,000036	12,29
Viga		1,02		1,43	54,4	14,92	1433,519	1,41E-05	0,00019	7,65
Viga: pé direito duplo		2,06		2,88	54,4	14,92	2888,37	3,33E-05	0,00033	8,67
Beiral	0,42	0,14	0,58	0,2	46	12,62	201,4937	1,08E-06	0,000036	5,6
Caibro										
Churrasqueira	0,51	0,32	0,72	0,44	46	12,62	442,4964	1,08E-06	0,00019	12,29
Terça										
Churrasqueira		0,86		1,2	54,4	14,92	1205,263	1,41E-05	0,00047	2,57
Tesoura										
(max comp)	4,6	0,1	6,44	0,14	46	12,62	140	4,17E-06	5,56E-05	2,52
Tesoura										
(max momento)	1	0,4	1,4	0,56	46	12,62	560	4,17E-06	8,33E-05	6,72

- Dados para verificação à flexo-compressão e compressão medianamente esbelta:

Tabela 54 - Dados para verificação à flexo-compressão e compressão de peças medianamente esbeltas da cobertura

Dados								
Elemento	B (m)	H (m)	I (m ⁴)	W (m ³)	A (m ²)	iz (m)	L (m)	λ
Caibro	0,06	0,06	1,08E-06	0,000036	0,0036	0,02	1,1	63,5
Caibro Churrasqueira	0,06	0,06	1,10E-06	0,000188	0,0036	0,02	2,15	124,1
Tesoura Churrasqueira								
(max comp)	0,05	0,1	4,17E-06	5,56E-05	0,005	0,03	1,55	53,7
Tesoura Churrasqueira								
(max momento)	0,05	0,1	4,20E-06	5,56E-05	0,005	0,03	1,55	53,7

- Verificação á flexo compressão e compressão medianamente esbelta:

Tabela 55 - Verificação à flexo-compressão e compressão de peças medianamente esbeltas da cobertura

	Flexo Compressão				Compressão Medianamente Esbelta									
	σNd (Pa)	σMd (Pa)	Fc0d (Pa)	<1?	Le (m)	Ea (m)	e1 (m)	Eef (m)	Ec0ef (Pa)	FE (N)	ed (m)	Md (Nm)	σd (Pa)	<1?
Caibro	1,84E+05	1,23E+07	1,26E+07	0,97	1,1	0,004	0,67	0,67	5,06E+09	4,45E+04	0,68	451,66	1,25E+07	0,99
Caibro														
Churrasqueira	2,00E+05	2,36E+06	1,26E+07	0,19										
Tesoura														
Churrasqueira														
(max comp)	1,29E+06	2,52E+06	1,26E+07	0,21	1,55	0,005	0,02	0,03	5,06E+09	8,65E+04	0,03	187,2	3,37E+06	0,27
Tesoura														
Churrasqueira														
(max momento)	2,80E+05	1,01E+07	1,26E+07	0,8	1,55	0,005	0,4	0,41	5,06E+09	8,65E+04	0,41	576,56	1,04E+07	0,82

- Verificação à compressão esbelta:

Tabela 56 - Dados de peças esbeltas à compressão na cobertura

Compressão Esbelta	H (m)	B (m)	H (m)	Ecoef (Pa)	I (m ⁴)	W (m ³)	A (m ²)	iz (m)	λ	Contraventar em (m)	Nd (N)
Pontalete	3	0,15	0,05	5,06E+09	1,56E-06	6,25E-05	0,0075	0,01	140	2,02	2167,2
Caibro											
Churrasqueira	2,15	0,06	0,06	5,06E+09	1,08E-06	0,000188	0,0036	0,02	124,1		718,8

Tabela 57 - Verificação de peças medianamente esbeltas à compressão na cobertura

Compressão Esbelta	Ea (m)	FE (N)	Ec (m)	E1 (m)	E1ef (m)	Md (Nm)	σ_{Md} (Pa)	σ_{Nd} (Pa)	fc0d (Pa)	<1?
Pontalete	0,01	1,91E+04	0,003		0,013	31,58	5,05E+05	288962,5	12617143	0,06
Caibro Churrasqueira	0,007167	1,17E+04	0,063	0,44	0,51	390,4	1,08E+07	199662,1	12617143	0,88

- Verificação de entalhe:

Tabela 58 - Verificação de cisalhamento e compressão no entalhe de tesoura da cobertura de churrasqueira

Entalhe		Fak (kN)	Fd (kN)	f (m)	b (m)	A res (m ²)	T (kPa)	fv0d (kPa)	fc 18d (Mpa)	E (m)	Ac (m ²)	σ_{18d} (kPa)
Tesoura	β (graus)											
Churrasqueira	18	4,37	6,12	0,07	0,05	3,50E-03	1749,94	1770,67	9,81E+00	0,03	0,0016	4,08E+03
	37	3,67	5,14	0,07	0,05	3,50E-03	1469,49	1770,67	6,05E+00	0,03	0,0019	3,43E+03

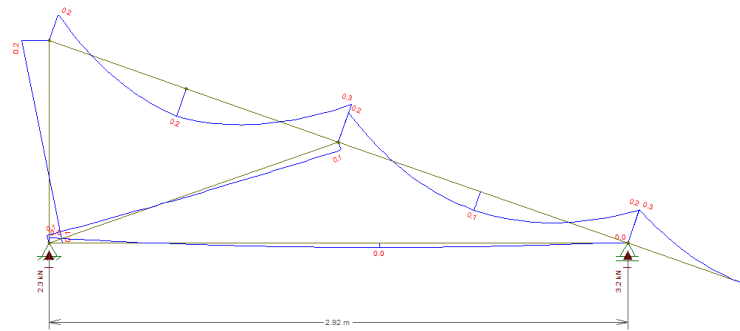


Figura 40 - Modelo da treliça de cobertura no Ftool: Cálculo de Momentos (kNm)

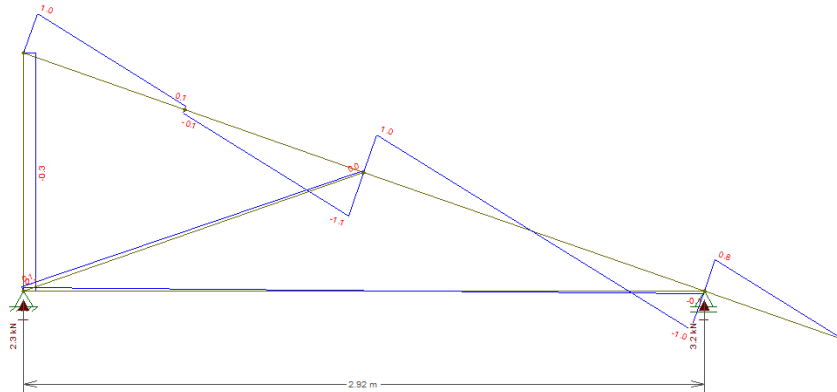


Figura 41 - Modelo da treliça de cobertura no Ftool: Cálculo de forças cortantes (kN)

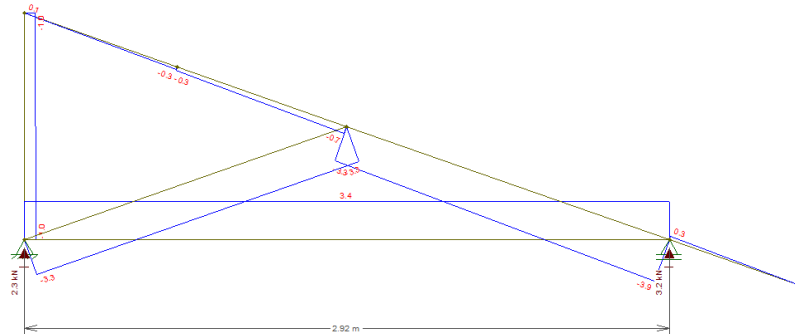


Figura 42 - Modelo da treliça de cobertura no Ftool: Cálculo de forças normais (kN)

3.5.5 CONCLUSÃO

O projeto de cobertura proporcionou grande aprendizado sobre a teoria e metodologia por trás do dimensionamento de estruturas de madeiras, aprofundando o adquirido em classe.

Particularmente, apesar de se pensar anteriormente que dada a telha e madeiras a serem utilizadas, dadas limitações arquitetônicas ditando o tipo de apoio a ser utilizado, o projeto de estrutura de cobertura estaria praticamente resolvido sendo necessário apenas seu dimensionamento; fatores como a grande dificuldade de se encontrar geometrias, espécies e telhas com dimensões padronizadas, ou de se achar bases de projetos para se entender como se dá certos detalhes dentro do projeto tais como uso de compensadores, melhor forma de se estruturar o pontalete, como se daria o apoio da treliça de cobertura junto à alvenaria etc; bem como a interferência do posicionamento da caixa da água na necessidade de se estabelecer espaçamento e locação adequadas do pontaleteamento foram de suma importância para a concepção do projeto como um todo, mostrando assim que o projeto de cobertura não seria tão trivial quanto esperado.

Como crítica pode se dizer que a escolha das espécies de madeiras, no entanto, não se apresentou feliz, pois a adoção da loja Leroy Merlin como representativa do mercado se apresentou falha, para tanto sugeriu-se outras espécies disponíveis na região sendo o dimensionamento ainda vinculado à espécie e dimensões disponíveis na Leroy, portanto, um melhor refinamento do projeto seria efetivamente entrar em contato com fornecedores locais e fazer cotações (grande maioria indisponível de forma “online”) para se saber efetivamente qual a espécie de madeira deveria ser empregada na residência e seu dimensionamento resultante. Este melhor entendimento poderia, por exemplo, gerar aumento do espaçamento entre pontaletes, ao se procurar uma madeira também de reflorestamento e fácil aquisição como eucalipto para emprego nos caibros; este maior espaçamento poderia diminuir o número de vigas e pontaleteamento diminuindo tempo de execução da estrutura de madeira.

Um maior detalhamento poderia também ter sido feito da estrutura no que tange o dimensionamento dos parafusos a serem usados na fixação da treliça de madeira, embora o cálculo de entalhe único esteja dentro de norma, o uso de chapas de madeira e parafusos proporcionariam conjuntamente melhor estabilidade da estrutura e seu dimensionamento apenas contribuiria para a diminuição de escolhas a serem feitas em obra.

Apesar destas modificações, a estrutura da cobertura se apresenta em grau de detalhamento acima do satisfatório para garantia da segurança estrutural e previsão de orçamento da residência, com nível, também superior ao existente nas residências unifamiliares, cuja responsabilidade, normalmente, é concentrada apenas no marceneiro telhadista responsável.

3.6 PROJETO DE FUNDAÇÕES

3.6.1 INTRODUÇÃO

Como dito na análise de dados a respeito das características do solo da região de Ribeirão Preto, a formação da Serra Geral, na qual a residência se insere, é de característica argilosa.

Assim, unido esta informação à coleta de dados de vizinhos, que empregaram fundação direta relatando a existência de matacões em camadas próximas à superfície; e inspeção in loco do solo, chegou -se à hipótese do solo ser uma argila de consistência rija. Dada esta característica de solo, escolheu-se empregar fundação do tipo sapata corrida.

Construtivamente, há de se pensar que a execução das fundações deve possuir detalhe de forma a evitar a ascensão da umidade proveniente do solo. De forma que se especifica detalhe de impermeabilização com emprego de membrana acrílica impermeável (MAI), sistema de impermeabilização a frio, monolítico, de fácil aplicação e também a ser utilizado em outros elementos da residência gerando facilidade na compra do material (Figura 43).

A membrana será aplicada sobre a sapata corrida e sobre as paredes e cinta de amarração para a laje térrea.

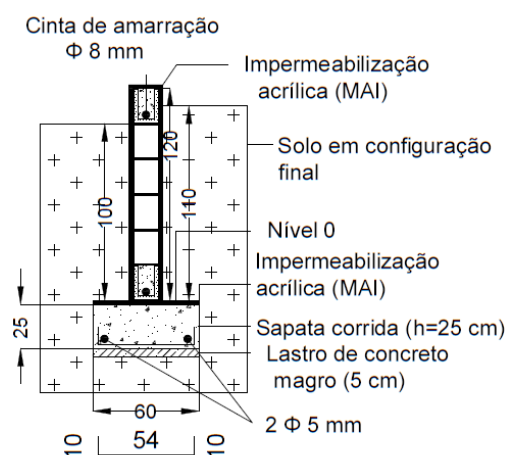


Figura 43 Detalhe de corte da sapata

A cinta de amarração constituída pelo bloco canaleta e suas armaduras recebe concreto de preenchimento interno do bloco e armação, como especificado no projeto de Estruturas, em uma barras de diâmetro de 8 mm.

A laje térrea, com mesmo intuito de evitar ascensão de umidade será especificada com camada de brita tipo 2 de 2 cm sobre o solo apoiado com emprego de lona plástica sobre a brita antes da camada de concreto armado, tais quantitativos serão detalhados dentro do projeto de Estruturas.

Alguns muros de arrimo deverão ser empregados na residência para contenção da elevação da cota do solo, afim de que o vizinho não fique elevado em relação à casa.

3.6.2 DIMENSIONAMENTO

A Referências

Para o dimensionamento e concepção da estrutura foram consideradas as seguintes referências:

- NBR6118: 2007 Projeto de Estruturas de Concreto.
- NBR6120: 2000 Cargas para cálculo de Edificações.
- NBR 6122: 2006 Projeto e execução de fundações.
- Material didático “Fundações” (sem data). Vanessa Fátima Pasa Dutra. Universidade Federal de Pelotas.
- Livro “Fundações”. Dirceu A. Velloso e Franscisco R. Lopes. Oficina de Textos. 2009.
- Livro “Fundações-Teoria e Prática”. Waltdemar Hachichi, Frederico Falconi, José Saes, Régis Frota, Celso Carvalho, Sussumu Niyama. ABMS/ABEF. 1998.
- Texto “Parâmetros dos Solos para Cálculo de Fundações”. Marcelo Maragon. Universidade Federal de Juiz de Fora.
- Livro “Parâmetros de projeto de alvenaria estrutural com blocos de concreto”. Guilherme Aris Parkseakian. 2013.

B Carrregamento e Modelagem

Segundo o livro “Fundações Teoria e Prática” (1998) argilas rijas possuem tensão admissível entre 2 a 4 Mpa, a existência de afloramento de matacões na região sugere existência de pedregulhos e alterações de rocha, sendo a tensão admissível para tal situação superior à 4 Mpa.

Assim, adotou se uma tensão admissível de 300 kPa intermediária à situação de argila rija, sendo também a favor da segurança quando se pensa que o afloramento de matacões em alteração de rochas e pedregulho indica tensão admissível superior .

A norma NBR 6122 (2006) propõe como fator de segurança global o emprego da minoração da resistência do solo em 3 em fundações diretas. Assim, a resistência admissível do solo será tida como 100 kPa.

As cargas atuantes nas sapatas são compostas do peso próprio da sapata corrida e carregamento solicitante proporcionado pela casa, sendo o último a união das cargas de cobertura, lajes, vigas e alvenaria estrutural. Tais cargas já foram demonstradas e calculadas no projeto estrutural (Figura 44 e Tabela 59).

Cabe notar devido à natureza de movimentação de terra a residência possui a necessidade de se assentar alvenaria estrutural sobre a fundação até se atingir o nível da laje térrea apoiada sobre o solo.

Assim são as cargas para sapatas corridas:

- Cargas proporcionadas pela residência;

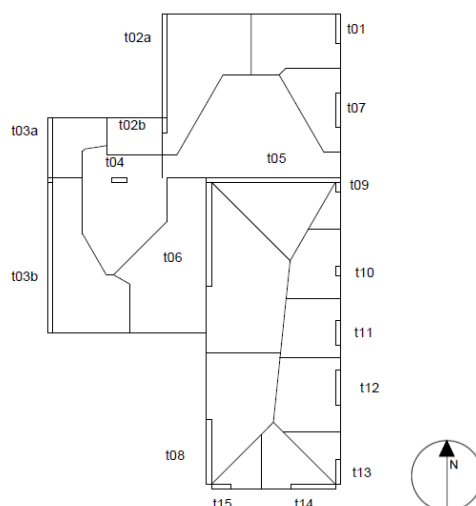


Figura 44 - Divisão de trechos de paredes para carregamento sobre fundações

Tabela 59 - Carregamentos sobre fundações

Carga por parede resistente			
Trechos	Largura parede (m)	Carga (kN)	Carga (kN/m)
1/7/9/10/11/12/13	14,4	363,3	25,2
2	5,1	128,0	25,1
3	11,25	132,7	11,8
4/5	8,85	366,3	41,4
6/8	9,45	453,5	48,0
15/14	4,05	80,0	19,8

- Peso próprio da fundação em concreto armado: 25 kN/m³;
- Carga de alvenaria de 22 kN/m³ para blocos de concreto.

Para dimensionamento das sapatas com carregamento centrado, utilizou-se o trecho mais carregado (trecho 6/8) como referência e a carga de 1.2 metros de alvenaria estrutural sobre ele.

Isto pode parecer uma hipótese que levaria ao superdimensionamento de diversos trechos da fundação, no entanto, como apresentado a seguir, a tensão admissível adotada no solo leva a uma dimensão de sapata condizente com o mínimo de norma.

No caso das sapatas abaixo dos pilares da churrasqueira, pelo projeto de Cobertura, a reação da treliça será de 3.2 kN; com carga de alvenaria de aproximadamente 3 m, junto à alvenaria para se atingir a cota de piso (1.2 m), tem-se o carregamento total de resultando em uma carga de 87.2 kN, que se encontra dentro da carga de crítica de dimensionamento da sapata corrida centrada (453.5 kN do trecho 6/8), sendo portanto, desnecessário dimensionar tal sapata isoladamente.

No caso dos arrimos o dimensionamento será feito para duas situações:

Na extensão da área da garagem, onde adota-se a carga de compressão como a soma da carga do trecho 2 de parede (25.1 kN/m) ; a carga de 5 kPa correspondente ao trem-tipo de veículos leves (carros) adotados para cálculo de pontes; peso próprio da laje de 8 cm de espessura como 2 kPa e carga acidental de 1.5 kPa. Com arrimo de altura de 1.2 m.

Demais muros de arrimo que interseccionam a residência serão representados pelo arrimo de divisória correspondente à parede de trecho 3 com carga de compressão de 11.8 kN/m; sobrecarga de 3.5 kPa correspondente à soma de peso da laje e carga acidental; e 1.2 metros de alvenaria de arrimo.

Arrimos da divisória de fundo apresentam altura de alvenaria sobre eles de 2.2 metros, apresentando carregamento de compressão apenas relativo à carga acidental de 1.5 kPa.

Alguns arrimos (trecho 03 ou “residência”; e jardim de fundo) se apresentam com apoio sobre sapatas de carregamento não centrado, sendo, portanto necessário um modelo de cálculo próprio. O posicionamento e nomenclatura dos arrimos estão apresentados na Figura 45.

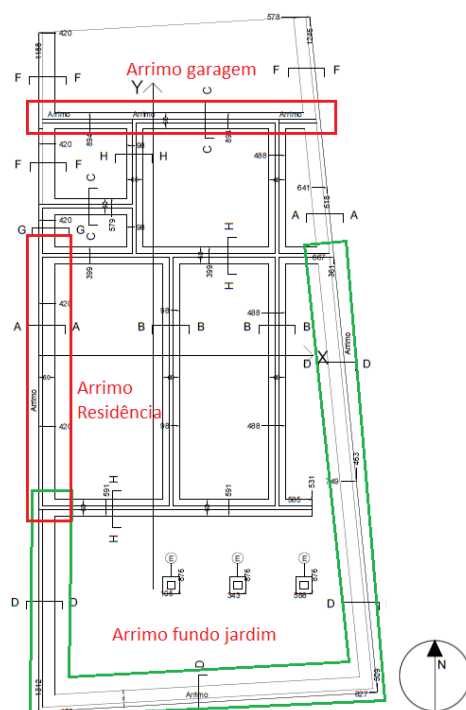


Figura 45 - Trechos de arrimo utilizados para dimensionamento

C Estado Limite Último

O dimensionamento da sapata corrida se dá pelo seguinte equacionamento:

- Tensão admissível do solo

$$\sigma_{adm} d = \frac{\sigma_{adm}}{3}$$

- Determinação da largura de sapata.

$$Largura = \frac{q}{\sigma_{adm} d}$$

Para cargas centradas:

$$q = Gk + Qk$$

Para cargas excêntricas, com excentricidade “e”:

$$q = \frac{Gk + Qk}{B} \left(1 + 6 * \frac{e}{B}\right)$$

Com o qual se estabelece a condição de segurança requerida pela norma NBR 6122.

$$\sigma_{adm} d \geq \sigma_{solicitante}$$

Embora seja solução de mercado emprego de sapatas corridas com dimensões de 30 a 40 cm, a norma NBR 6122 (2006) estabelece dimensão de sapata mínima de 60 cm, escolhe-se respeitar a norma, que contempla a construção residencial em seu escopo, pois como explanado, as normas brasileiras possuem valor de lei sendo desnecessário arriscar a legalidade do dimensionamento de uma estrutura por causa de um volume de escavação e concreto de 6 m³.

A norma NBR 6122 (2006) também estabelece a utilização de lastro de concreto não estrutural com espessura mínima de 5 cm a ser lançado sobre toda a superfície de contato solo-fundação.

A partir da largura da sapata seu dimensionamento se dá pela norma NBR6118 (2007).

- Verificação da rigidez da sapata.

A sapata será considerada rígida se:

$$h \geq (a - ap)/3$$

Onde:

h é a altura da sapata;

a é a dimensão da sapata em uma determinada direção;

ap é a dimensão do pilar na mesma direção;

- Dimensionamento de armadura da sapata.

Para o dimensionamento faz se uso do modelo de biela-tirante conforme Figura 46:

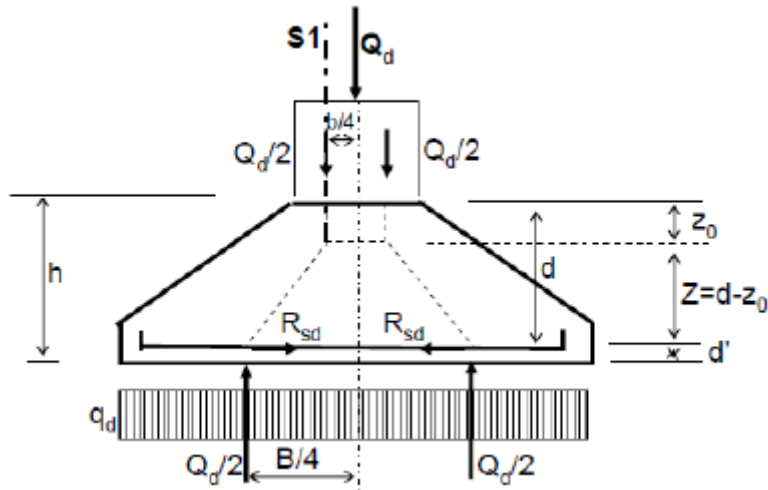


Figura 46 - Modelo de biela-tirante, dimensões características. Fonte: Dutra (sem data).

$$Fcd = \frac{Fck}{1.4} \quad Fyd = \frac{Fyk (CA50)}{1.15}$$

$$Dx = H - \text{cobrimento} - \phi/2$$

Se σ solicitante $\leq 0.2 * Fcd$; então $Z = d$; do contrário $X = 0.85 * d$

$$Qd = 1.4 * (Gk + Qk)$$

$$Rsd = \frac{Qd * (A - Ap)}{8 * Z}$$

$$As = \frac{Rsd}{Fyd} \text{ com espaçamento máximo de 30 cm}$$

Armadura de distribuição

$$= \frac{As}{5} \text{ maior que a armadura mínima para fck 20 Mpa de 0.15\%}.$$

- Verificação da tensão resistente de compressão diagonal do concreto na superfície crítica C da sapata.

$$\tau_{sd} \leq \tau_{rd2}$$

$$\tau_{rd2} = 0.27 * \alpha_v * Fcd$$

$$\alpha_v = 1 - \left(1 - \frac{Fck \text{ Mpa}}{250}\right)$$

$$\tau_{sd} = \frac{Rsd}{2 * d}$$

- Detalhamento da armadura de sapata

Para fck 20 Mpa $L_b = 44$ vezes o diâmetro da barra.

$$L_b \text{ real maior entre: } 0.7 * L_{bnec} * \frac{As \text{ calculado}}{As \text{ usado}} ; 10 \text{ diâmetros, } 10 \text{ cm; } 0.3 l_b$$

- Dimensionamento da armadura de muros de arrimo

- No caso de muros de arrimo, deve-se verificar se interface entre argamassa e bloco da alvenaria estrutural não romperá ao cisalhamento imposto pelo empuxo “E”.

Dada uma altura “H” de aterramento, adota-se um peso específico natural (γ) de 20 kN/m³ do solo. Admite-se solo homogêneo, isotrópico, sem presença de lençol freático, sem coesão e coeficiente de atrito entre solo e alvenaria nulo, hipóteses que se apresentam pertinentes quando pensa-se que grande parte do solo será fruto de reaterro com nível de compactação variável.

$$E = \gamma * H(m)$$

Tal empuxo será calculado na interface entre a sapata do arrimo e o muro de alvenaria estrutural que constitui o arrimo em si.

Para uma parede com armadura de flexão perpendicular ao plano de cisalhamento de um furo grauteado de espaçamento “S”, com sua resistência característica ao cisalhamento (f_{vk}) e taxa de armação (ρ); e seja “ V_k ” o esforço resultante dos carregamentos verticais sobre a alvenaria, “ e_s ” a espessura da alvenaria.

Tem se:

$$f_{vk} = 0.35 + 17.5 * \frac{A_s}{\text{area furo grauteado}} \leq 0.7 \text{ Mpa}$$

$$V_a = 1.4 * f_{vk} * \text{area furo grauteado}$$

$$A_{sw} = \frac{(1.4 * V_k - V_a) * S}{0.5 * f_{yd} * e_s} \geq 0.05\% \text{ esp} * S$$

$$\rho = \frac{A_{sw}}{\text{area do furo grauteado}}$$

Cabe considerar que a carga de compressão resultante da combinação do carregamento do arrimo de garagem (trecho 2) é muito semelhante à carga resultante do trecho 6/8 (sapata corrida com carregamento centrado). Como tal carregamento é o maior carregamento existente na residência para arrimos, a própria sapata abaixo do arrimo manterá a largura de 60 cm.

D Estado Limite de Serviço

Para cálculo direto de recalques para sapata com carga centrada pode se usar o seguinte equacionamento:

$$w = q * B * \frac{1 - \nu^2}{E} * I_s * I_d * I_h$$

Onde:

q é a pressão média aplicada definida como $\sigma_{solicitante} = \sigma_{solicitante} * 1.4$.

B a largura da sapata corrida

ν o coeficiente de poisson do solo

E o módulo de Young do solo

Is o fator de forma da sapata e sua rigidez

Id o fator de embutimento.

Ih o fator de espessura da camada compressível

As características do solo serão retiradas da publicação “Parâmetros dos Solos para Cálculo de Fundações” previamente citada: o coeficiente de poisson adotado será de 0.5 (solo argiloso) e módulo de elasticidade de 5 Mpa (argila rija).

Os demais fatores serão retirados das tabelas existentes na publicação “Fundações” previamente citada. O fator de embutimento será considerado igual a 1, pois por hipótese a sapata não estará sujeita a efeitos de mudança de materiais por ser solo predominantemente argiloso com baixa cota de escavação. O fator de forma para a sapata rígida quadrada será de 0.99; a multiplicação $I_s \cdot I_h$ depende da relação entre a espessura de embutimento da sapata e a metade da largura ($n=H/2B$) bem versus a relação entre o comprimento da sapata e sua largura ($m=L/B$), tido como infinito no caso, por ser corrida.

Para uma sapata de 60 cm embutida em 2.2 m ($n=1.8; m=\text{infinito}$), $I_s \cdot I_h$ será de 0.717.

Assim, vê-se que para a fundação mais carregada ($\sigma_{\text{olk}}=97\text{kPa}$) o recalque da sapata corrida será de 8.7 mm; e 3.2 mm para a parede menos carregada ($\sigma_{\text{olk}}=36\text{kPa}$), com distância de 4.8 m entre os dois.

Obviamente, tal recalque depende da correta compactação da base para confecção da sapata corrida, todavia mesmo colocando parâmetros de argila mole ($E= 2 \text{ Mpa}$) o recalque saltará para 21.7 mm para a fundação mais carregada sendo um recalque absoluto pequeno.

No entanto, para fundações, a limitação de recalques se dá pelo recalque diferencial entre dois trechos de fundação: a mais e menos carregada.

Neste quesito, o limite de $1/500$ (recalque diferencial/ distância), limite de segurança para edifícios em que não sejam admitidas fissuras, se apresenta atendido. Assim, o dimensionamento se apresenta dentro dos parâmetros de Estado Limite de Serviço como observado pela Tabela 60.

Tabela 60 - Cálculo de recalques e recalque diferencial da sapata corrida

	Recalque (mm)	Distância (m)	Recalque diferencial	Recalque 1/500
Parede mais carregada	8,68	4,8	1,15E-03	2,00E-03
Parede menos carregada	3,18			

3.6.3 QUANTITATIVOS E CUSTOS

Os preços foram baseados na planilha SINAPI da Caixa Econômica Federal na qual custos de mão de obra para instalação já se apresentam embutidos e Guia da Construção.

- R\$ 307.1/m³ concreto usinado 20 Mpa com consideração de bombeamento.
- R\$ 289.4/m³ de concreto não estrutural para cintas e lastros.
- R\$ 6.65/kg de aço cortado e dobrado.
- Impermeabilização em membrana acrílica (MAI) em R\$ 20.72/m².
- Graute com R\$ 4501/m³.
- Escavação manual de vala em R\$ 36.53/m³.
- Carga transporte descarte de solo de até 500 m³: R\$ 2.67/m³.

Preços relativos à alvenaria já foram incorporados no projeto de arquitetura.

Não estão incorporados nesta estimativa de custos os relativos a materiais diversos como parafusos, pregos, buchas etc.

Tabela 61 - Custos de concreto e graute para fundações

	Metro linear (m)	Volume (m ³)	Custo (R\$)
Lastro de concreto	127	3,8	1105
Concreto da sapata	127	19,1	5862
Concreto para cinta	127	3,4	980
Graute para arrimos	199	3,9	1755
	Total	26,3	8346

Tabela 62 - Custo de armação para fundações

	Quantidade	Comprimento (m)	Peso (kg)
Armação da sapata residência 5mm (c=80 cm)	424,2	339,3	50,9
Armação sapata churrasqueira 5 mm (c=80 cm)	4	3,2	0,5
Armação longitudinal 2x 5mm		305	45,8
Armação de cinta 8 mm		153	59,6
Arrimos (5 mm)	54	65	40,2
Arrimos (10mm)	61	134	82,7
			Total

Tabela 63 - Custo de impermeabilização em MAI para fundações

	Unidade	Custo (R\$)
Impermeabilização (m ²)	280	8699,1
Escavação manual (m ³)	160	5844,8
Descarte de terra (m ³)	12,7	33,9

Tabela 64 - Custo total de material e mão de obra de fundações

Custo da fundação (R\$)	26539
-------------------------	-------

3.6.4 MEMORIAL

- Fck 20 Mpa
- CA50
- Cobrimento de 2cm

Tabela 65 - Dimensionamento da geometria da sapata centrada

Sapata centrada									
Trecho	Dimensões sapata		Cargas		Esforço solicitante			Paramenteos solo	
	Largura (m)	H (m)	PP (kN/m)	Carga resi. (kN/m)	Carga alv. fund. (kN/m)	Vk (kN/m)	Teta sol. (kPa)	Teta admd (kPa)	teta admd > tetasol?
T 6/8	0,6	0,23	3,45	48	3,7	55,1	91,9	100,0	ok
T 2	0,6	0,23	3,45	60,0		60,0	63,5	100,0	ok

Tabela 66 - Dimensionamento da geometria da sapata excêntrica

Sapata excêntrica										
Local	Dimensoes sapata		Cargas		Esforço solicitante				Paramenteos solo	
	Largura (m)	H (m)	PP (kN/m)	Carga resi. (kN/m)	Carga alv. fund. (kN/m)	Excent. (m)	Vk (kN/m)	Teta sol. (kPa)	Teta admd (kPa)	teta admd > tetasol?
Residência (trecho 3)	0,6	0,25	3,75	11,8	3,7	0,23	35,4	59,0	116,7	ok
Fundos	0,6	0,25	3,75	11,8	6,8	0,23	40,5	67,5	116,7	ok

Tabela 67 - Dimensionamento de armação de sapata

Armação da sapata centrada																	
A (m)	Ap (m)	É rígida?	D (m)	Qd (kN/m)	Teta sol <0,2 Fcd?	Z (m)	Rsd (kN/m)	As (cm²/m)	S (m)	As (cm²)	Fi longitudinal	As real (cm²)	As distribuição (cm²)	Fi longitudinal	Lb (cm)	Lb Nec (cm)	Lb usado (cm)
0,23	0,07	Sim	0,16	77,2	sim	0,16	9,65	0,22	0,3	0,07	5 mm	0,2	0,04	2	5 mm	2,2	0,51

Tabela 68 - Verificação da diagonal de concreto na sapata corrida

Verificação da diagonal do concreto			
Tau sd (kPa)	Alfa v	Taurd2 (kPa)	Taurd2 > Tsd?
30,16	80	3,09E+05	sim

Tabela 69 - Dimensionamento de armação de arrimos

Arrimos															
Trechos	Sobrecarga (kN/m)	Residência (kPa)	Alvenaria (kN/m)	Vk (k/m)	H (m)	E (kPa)	ro adotado (%)	S adotado (m)	Fvk (kPa)	Va (kN/m)	Vd (kN/m)	Asw (cm ²)	Adotado	Asw adotado (cm ²)	Ro real
Garagem	8,5	25,1	26,4	60,0	1,2	84,0	0,33	0,5	407,8	79,9	84,0	0,67	10 mm c/ 60	0,78	0,40
Residência	3,5	11,8	26,4	41,7	1,2	65,7	0,00	0,5	350,0	68,6	58,4	0,10	5 mm c/ 60	0,2	0,10
Fundo Jardim	1,5	0	48,4	49,9	2,2	93,9	0,04	0,5	357,0	70,0	69,9	0,10	5 mm c/ 60	0,2	0,10

3.6.5 CONCLUSÃO

O projeto de fundações apresentou certas dificuldades.

Primeiramente, não foi possível encontrar parâmetros de solo para a região específica como Ribeirão Preto, pois parte das fontes encontradas, versavam sobre obras rodoviárias realizadas sobre áreas de aterro, e parte versava sobre camadas de solo profundas. Também, os critérios apresentados também se limitavam à descrição do tipo de solo e não suas propriedades. No entanto, a determinação do solo como argiloso, permitiu, através de consultas às referências citadas, que se estabelecesse características médias a favor da segurança para o dimensionamento da fundação.

A escolha da fundação se apresentou correta para estas dadas propriedades médias. Cabe ressaltar, como previamente comentado, que as dimensões das sapatas podem assustar quando comparadas com geometrias usuais de mercado, todavia, a norma NBR 6122 estabelece um mínimo e escolheu-se por respeitá-lo muito embora isto leve a um gasto maior com concreto e uma maior vala de armação (6 m³ se comparado a uma sapata de 40 cm).

Os arrimos apresentaram particular dificuldade, pois houve dúvidas se o modelo de dimensionamento com base na armação de furos grauteados para resistência ao cisalhamento entre a base da sapata e alvenaria proporciona um correto dimensionamento de alvenaria estrutural sujeita à esforços perpendiculares por empuxo. Possivelmente, comparação detalhamentos baseados em flexão deixariam a solução adotada com maior refinamento.

Foi escolhido representar nas folhas de projeto diversos cortes de alvenaria apresentando para que não haja dúvidas a respeito das cotas de fundação e levantamento de alvenaria para se chegar à cota da residência.

Assim, embora refinamentos de cálculo pudessem ter sido adotados, e exista a divergência entre se adotar parâmetros de norma e geometrias usuais de construção; o projeto de estrutura proporcionou grande aprendizado.

3.7 PROJETO HIDRÁULICO

3.7.1 INTRODUÇÃO

O projeto de hidráulica foi pensado de forma a diminuir distâncias e consequentemente aumentar a eficiência e economia do sistema. Normalmente, quando mal dimensionadas e mal posicionadas, as instalações prediais acabam por causar perdas de cargas desnecessárias devido às grandes distâncias e ao uso excessivo de conexões.

Dessa forma, a concepção da arquitetura foi feita com o intuito de concentrar as áreas molhadas em uma região, a leste da área construída, e de maneira contínua entre os dois andares, feito pelo alinhamento dos banheiros. O posicionamento da caixa d'água foi pensado de modo a diminuir os comprimentos máximos das tubulações, e se localiza entre as duas prumadas que foram definidas para concentração dos sistemas prediais hidráulicos, para que o sistema garantisse as pressões mínimas nos pontos críticos sem a necessidade de bombas de pressão.

Para a passagem vertical das tubulações, foram usados dois shafts que se estendem por todo o pé direito dos dois pavimentos. Um dos shafts se localiza rente à parede, com seu fechamento feito por placas de gesso acartonado do tipo resistente à umidade (placas verdes – RU). O outro terá a parede interrompida para colocação do shaft, com fechamento em mesmo material. O caminhamento horizontal será feito pelo forro no caso do primeiro pavimento, e pela terra, no caso do térreo. Na cozinha, o caminhamento horizontal será externo à parede e se dá no espaço entre o piso e a bancada. Neste caso, a tubulação é encostada e fixada na parede, para facilidade na hora da manutenção. Em todas as outras áreas, para a chegada das tubulações nos aparelhos, serão previstos furos na laje, como mostra a Figura 47.

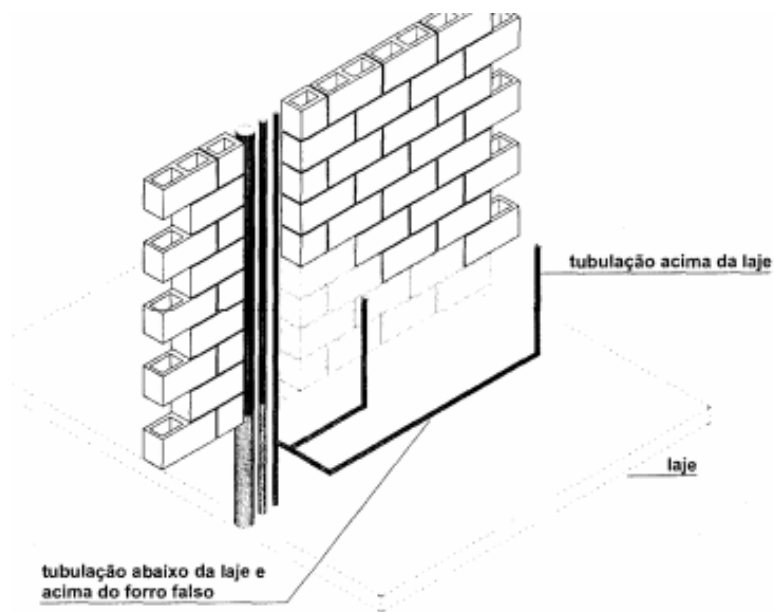


Figura 47 - Furos de laje. Fonte: http://www.feng.pucrs.br/professores/soares/Topicos_Especiais_-_Estruturas_de_Madeira/Alvenaria.pdf

Os furos poderão ser alocados no momento da montagem das vigotas e concretagem da capa da laje, dado que já possuem posicionamento pré-determinados. Podem ser realizados com o emprego de pré-moldados com luvas concretadas. Assim, não é necessário o posterior uso de equipamentos de furação que geram entulhos.

O uso de shafts facilita a construção, pois elimina a necessidade de passagem das tubulações em conjunto com o levantamento da alvenaria, garantindo uma construção menos complicada.

3.7.2 MATERIAIS

Os componentes dos sistemas prediais de água quente, água fria, esgoto e drenagem de águas pluviais são:

A Água fria

Distribuição de água fria SI-G-RS (sistema indireto/gravidade/reservatório superior), com reservatórios em polietileno e tubulações em PVC rígido, com juntas soldáveis.

B Água quente

Distribuição de água quente com uso de boiler elétrico e bomba de recirculação. Tubulações em PPR termofusão, que apesar da necessidade de mão de obra qualificada, apresentam diversas vantagens frente aos tubos de cobre e CPVC por serem mais baratas e com tempo de execução menor. A tubulação de PPR não corrói e tem maior isolamento térmico em relação aos outros tipos. Além disso, possui processo de instalação mais fácil porque só se utiliza da máquina termofusora.

C Esgoto

Sistema de esgoto feito com tubulações em PVC branco.

D Drenagem de águas pluviais

O telhado será projetado de forma que não haja necessidade de uso de calhas e tubulações verticais. Assim, só será feita a drenagem perimetral da residência, com uso de tubo dreno corrugado envolto por camada de brita.

3.7.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE SISTEMA PREDIAL DE ÁGUA FRIA

Considerações sobre a Água Fria

As exigências e recomendações descritas na norma ABNT NBR 5626 – Instalação predial de água fria e nos catálogos dos fabricantes partem da necessidade de garantia da potabilidade da água e bom desempenho do sistema, com tentativa de diminuição das possíveis patologias como ruídos pelo fluxo de água, vazamentos, pressões insuficientes.

Além do dimensionamento de todas as ramificações internas, se faz indispensável o dimensionamento do ramal predial de água, cavalete e hidrômetro, que garantem o fornecimento suficiente de água para o sistema. Para o dimensionamento dessas partes, utilizou-se de normas técnicas especificadas pela SABESP: NTS 165 - Instalação de Unidade de Medição de Água UMA DN 20 – Hidrômetro de 1,5m³/h e 3,0m³/h (2012) e NTS 181 – Dimensionamento do ramal predial de água, cavalete e hidrômetro – Primeira ligação (2012).

No projeto do alimentador predial, deve-se levar em consideração o valor máximo da pressão de água da fonte de abastecimento. O alimentador pode ser aparente, enterrado, embutido ou recoberto. No caso de ser enterrado, deve ser respeitada uma distância horizontal mínima de 3 metros de qualquer fonte poluidora, e acima do nível do lençol freático, para que não haja contaminação caso o sistema não seja perfeitamente estanque.

A instalação predial de água fria abastecida com água potável deve ser independente daquela destinada ao uso de água não potável. Esta é utilizada essencialmente para limpeza de áreas externas, jardins e combate a incêndio, usos para os quais a potabilidade da água não se faz necessária. Será prevista uma torneira de jardim na área próximo à churrasqueira que terá tomada direta da água de rua.

Nas entradas dos reservatórios, pelo lado externo, deve haver um registro individual para cada caixa, para que seja garantida a facilidade na sua operação. Todas as entradas e saídas do reservatório devem ser vedadas, a fim de garantir a potabilidade da água pelo seu isolamento contra agentes externos, como líquidos, poeira e insetos. O posicionamento das entradas e saídas de água deve garantir a utilização de toda a água armazenada, sem ocorrência de zonas de estagnação. Para isso, as entradas e saídas não devem ser muito próximas umas das outras: quanto maior o distanciamento entre elas, maior será a circulação de água no interior do reservatório. A tomada de água do reservatório, no entanto, deve ser elevada em relação ao fundo, em 2 cm, para evitar entrada de resíduos que possam existir na rede de distribuição. A tubulação de abastecimento do reservatório deve ser equipada com torneira de boia ou qualquer outro dispositivo de controle da entrada de água e manutenção do nível desejado.

A Documentos de Referência

- Para o dimensionamento e especificações do sistema de água fria foram utilizados:
- SABESP NTS 181 – Dimensionamento de Ramal predial e hidrômetro, (2012).
- SABESP NTS 165 – Instalação da Unidade de Medição de Água – UMA – Revisão 03, (2012).
- ABNT NBR 5626 – Instalação predial de água fria, (1998).
- Manual Técnico Fortlev – Soluções Fortlev para cuidar da água, (2012).
- Catálogo técnico Tigre – Predial água fria, (2008).

B Memorial de Cálculo

B.1 Ramal Predial, Hidrômetro e Cavalete

Para o correto dimensionamento do ramal predial, hidrômetro e cavalete, foi utilizado o manual normativo SABESP NTS 181 - Dimensionamento de ramal predial de água e do hidrômetro – Primeira Ligação. Nele, é especificada a necessidade da determinação do consumo provável do imóvel, em m³/mês.

Segundo o anexo C, para residências, o consumo médio pode ser estimado por:

$$C_m = \text{Consumo per capita} \times \text{no. dormitórios} \times \text{no.} \frac{\text{pessoas}}{\text{dorm}}$$
$$C_m = 27 \text{ m}^3/\text{mês}$$

Com os valores adotados de:

- Consumo per capita (tabelado) = 150l/dia
- No. dormitórios = 3
- No. pessoas/dorm (tabelado) = 2

Para o consumo médio calculado, foram dimensionados os elementos do sistema conforme quadros dos anexos D1 e D2 do manual:

Quadro 1 - Dimensionamento do ramal predial de água e do cavalete segundo NTS 181 (2012)

CONSUMO PROVÁVEL (m³ / mês)	RAMAL PREDIAL (4)		CAVALETE (1)	
	DN (mm)	Material	DN (mm)	Material
0 - 240	20	PE	20	PVC, PP ou Ferro Galvanizado
241 - 400	20	PE	20	PVC, PP ou Ferro Galvanizado
401 - 800	32	PE	25	Ferro Galvanizado
801 - 1.600	32	PE	40	Ferro Galvanizado
1.601 - 2.400	50	PE ou PVC (2)	50	Ferro Galvanizado
2.401 - 3.600	50	PE ou PVC (2)	50	Ferro Galvanizado
3.601 – 7.200	80	Fofo	80	Ferro Galvanizado
	75	PVC (2)		
7.201 – 12.000	100	Fofo ou PVC (2)	100	Ferro Galvanizado
12.001 – 36.000	150	Fofo ou PVC (3)	150	Ferro Galvanizado
36.001 – 90.000	200	Fofo ou PVC (3)	200	Ferro Galvanizado

Obs: O abrigo do cavalete será conforme padrão (NTS 161 ou NTS 232).

(1) – O cavalete deve ser substituído pela UMA (NTS 165) quando seu DN é 20 e o hidrômetro de capacidade 1,5 ou 3,0 m³/h

(2) – PVC classe 20.

(3) – A definição da classe de PVC deve observar a pressão da rede de abastecimento no local.

(4) – Especificação válida para ramais com extensão de até 20 m.

Quadro 2 - Dimensionamento do hidrômetro segundo NTS 181 (2012)

CONSUMO PROVÁVEL (m³ / mês)	HIDRÔMETRO VAZÃO MÁXIMA DESIGNAÇÃO USUAL	UNIDADE DE MEDIDA	DIÂMETRO DO HIDRÔMETRO (mm)
2,9 – 180	1,5	m³/h	20
3,6 – 360	3,0		20
9,0 – 900	5		20
12,6 – 1.260	7		25
18,0 – 1.800	10		25
36,0 – 3.600	20		40
54,0 – 5.400	30		50
32,4 – 5.400	300	m³/dia	50
86,4 – 10.800	1.100		80
129,6 – 18.000	1.800		100
324,0 – 54.000	4.000		150
540,0 – 90.000	6.500		200

Obs. Com base na faixa de consumo provável (1ª coluna) que compreende o consumo estimado, define-se o hidrômetro (2ª coluna) a ser instalado na primeira ligação. Caso, em função da superposição das faixas, haja mais de um hidrômetro indicado, deve-se escolher sempre o hidrômetro de menor vazão máxima entre os selecionados.

Assim, chegou-se às seguintes especificações:

- Ramal Predial – DN 20 de PE

- Cavalete – DN 20 de PVC, PP ou Ferro Galvanizado
- Hidrômetro com capacidade de 1,5m³/h e DN 20

Conforme indicado, devido aos resultados obtidos, admite-se a substituição do cavalete por uma UMA – Unidade de Medição de Água que é constituído pelo conjunto caixa e dispositivo de medição e se trata de um novo padrão de ligação de água e medição da SABESP, em substituição ao abrigo da ligação e ao cavalete. A instalação da UMA deve ser feita segundo a norma técnica SABESP NTS 165 – Instalação da Unidade de Medição de Água – UMA (2012)

B.2 Reservatórios

A capacidade do reservatório deve ser estabelecida levando-se em consideração o padrão de consumo de água. Deve-se garantir a reserva suficiente para 24h de consumo normal da residência. Em residências de pequenas áreas, a reserva mínima é de 500L, e a máxima deve atender ao critério de garantia da potabilidade da água no período de detenção médio antes de sua utilização. O dimensionamento do reservatório, analogamente ao dimensionamento do ramal predial, foi realizado considerando-se o consumo diário total, em l/dia, para a residência em estudo, segundo a fórmula:

$$C_d = C \times P = 150 \times 6 = 900L/dia$$

Onde:

$$C_d = \text{consumo diário total} \left(\frac{L}{dia} \right)$$

$$C = \text{consumo diário per capital} \left(\frac{L}{dia} \right)$$

$$P = \text{população do edifício} = 2 \times n. \text{dormitórios} + 1 \times \text{dormitório de serviço}$$

Para que seja garantida 24h de abastecimento, o reservatório deve possuir 900L, porém, como fator de segurança, serão adotados dois reservatórios de polietileno de 750L cada. Por possuir uma grande capacidade de armazenamento, utilizaram-se duas caixas d'água ao invés de uma, para facilitar operações de manutenção nas caixas sem necessidade de interrupção no fornecimento de água.

B.3 Ramais Internos

O dimensionamento das tubulações deve ser realizado de modo a garantir o abastecimento de água com vazão adequada. Assim, utilizam-se tubos de diâmetro nominal imediatamente superior ao mínimo exigido a partir dos cálculos. Os diâmetros mínimos garantem as pressões mínimas exigidas por cada aparelho.

O projeto final deve ter dimensões adequadas, atentando-se ao superdimensionamento que, além de ser antieconômico, causa velocidades de

deslocamento superiores à mínima exigida, tendo como consequência o ruído durante o fluxo. Em condições estáticas também deve ser atendida a pressão máxima de 400kPa.

O dimensionamento das tubulações está descrito no Item 3.7.8.

3.7.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE SISTEMA PREDIAL DE ÁGUA QUENTE

Para o sistema de água quente optou-se pelo o uso de coletores solar e boiler. O abastecimento de água quente deve ser projetado de forma a suprir a demanda de forma eficiente e econômica.

O posicionamento dos aquecedores de acumulação (boilers) deve ser feita de modo a impedir seu esvaziamento, fazendo-se dispensável o uso de bombas de alimentação. Para isso deve-se atentar aos níveis máximos e mínimos de cada componente. A saída do boiler deve possuir um mecanismo de respiro.

O aquecedor solar possui um sistema de apoio elétrico para dias nublados, possibilitando a garantia de abastecimento constante do sistema.

No projeto dos telhados foi garantida a altura mínima suficiente para que não fosse necessário o uso de bomba de circulação. Assim, a circulação de água no sistema de aquecimento solar é feita por termofissão, que se caracteriza pela circulação natural da água através da diferença de densidade entre a água aquecida nos coletores e a água fria existente no reservatório térmico. Para que o boiler seja utilizável, deve estar sempre cheio, pois a saída de água se encontra na parte superior do reservatório. Assim, o seu nível mais alto deve estar abaixo do nível da tomada de água da caixa d'água, ocasionando seu enchimento por gravidade. Para que, entre o reservatório térmico e os coletores solar, haja a circulação por termofissão, os coletores devem ser posicionados abaixo do nível mais baixo do boiler, conforme Figura 48:

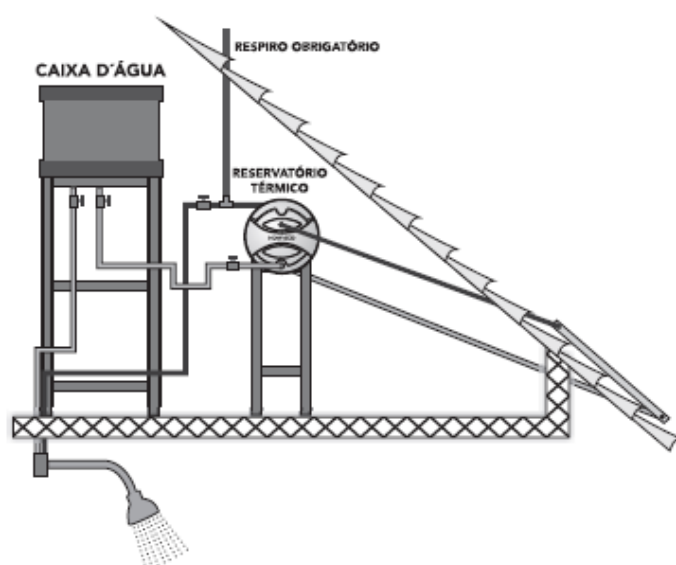


Figura 48 Instalação dos aquecedores solar. Fonte: Manual do Usuário HOMEEO

A Documentos de Referência

Para o dimensionamento e especificações, foram utilizados:

- ABNT NBR 7198 – Projeto e execução de instalações prediais de água quente, (1993).
- ABNT NBR 5626 – Instalação predial de água fria, (1998).
- HOMECO – Aquecedor Solar – Manual do usuário

B Memorial de Cálculo

B.1 Boiler

Para o dimensionamento do boiler, primeiro é estimado o consumo diário de água quente da residência. A ABNT NBR 7198 NB 128 – Projeto e Instalações Prediais de Água Quente (1993) possibilita calcular os valores médios de utilização do sistema de água quente.

Quadro 3 - Consumo diário de água quente

(Fonte: ABNT – NB 128 – Tabela I)

Alojamento Provisório de Obra	24	litros por indivíduo
Casa Popular ou rural	36	litros por indivíduo
Residência	45	litros por indivíduo
Apartamento	60	litros por indivíduo
Quartel	45	litros por indivíduo
Escola (Internato)	45	litros por indivíduo
Hotel (sem incluir cozinha e lavanderia)	36	litros por indivíduo
Hospital	125	litros por leito
Restaurante e Similares	12	litros por refeição
Lavanderia	15	litros por Kg de roupa seca

Assim:

$$C_d = C \times P = 45 \times 6 = 270L/dia$$

Com esse dimensionamento, chega-se a necessidade de capacidade de armazenamento do boiler, através do Quadro 4:

Quadro 4 - Capacidade do boiler

(Fonte: ABNT – NBR 128 – Tabela II)

Consumo Diário a 70°C (Litros)	Capacidade do Aquecedor (Litros)	Potência (Kw)
60	50	0,75
95	75	0,75
130	100	1
200	150	1,25
260	200	1,5
330	250	2
430	300	2,5
570	400	3
700	500	4
850	600	4,5
1150	750	5,5
1500	1000	7
1900	1250	8,5
2300	1500	10
2900	1750	12
3300	2000	14
4200	2500	17
5000	3000	20

O boiler, portanto, deve possuir capacidade mínima de 200L e potência de 2Kw. Assim, pelo catálogo do fabricante da KOMEKO, optou-se pelo uso de um reservatório de 200L de baixa pressão de 3,0Kw de potência.

B.2 Coletores

Os coletores foram dimensionados segundo procedimento da Revista Techne (Dimensionamento e instalação de aquecedor solar – Leonardo Charmone Cardoso Edição 136 Julho/2008). O dimensionamento consiste no uso da fórmula:

$$\text{área coletora} = \frac{\text{demanda energética mensal}}{\text{produção específica de energia}}$$

A demanda energética mensal no inverno é de:

$$De = V \cdot \rho \cdot C_p (T_f - T_i) \times \frac{30}{3600} = 313,3kWh/mês$$

Onde:

V = volume de água quente = 200L

ρ = Peso específico da água = 1.000kg/m³

C_p = Calor específico da água = 4,18kJ/kg°C

T_f = Temperatura da água quente = 60°C

T_i = Temperatura da água fria = 15°C

Para o estado de São Paulo, a produção específica média de energia gira em torno de 90kWh/mês. O sistema é dimensionado para valores médios, não para os piores casos. A produção de energia varia de acordo com o ângulo de incidência do sol, por isso depende da latitude do local.

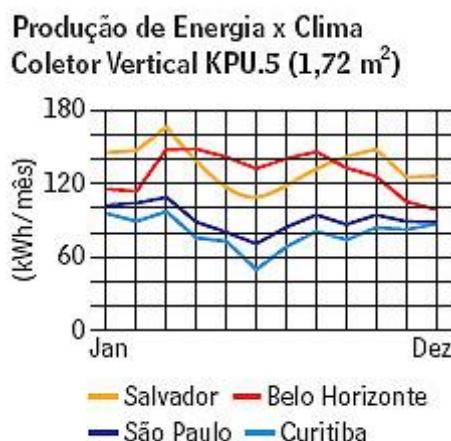


Figura 49 - Produção de energia de uma placa de 1,72m2 no Estado de SP. Fonte: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/136/artigo285727-1.aspx>

Assim, a área coletora total necessária é de 5m². Portanto, para o projeto, serão utilizadas 5 placas de 1m² com dimensões 1,07m X 1,00m, cada uma com 14kg. As placas devem ser posicionadas para o norte para que no inverno recebam maior incidência de raios solares, e devem ter uma inclinação de 30º em relação a horizontal, a fim de maximizarem a captação de energia solar.

B.3 Ramais Internos

Conforme a NBR 7198 - Projeto e execução de instalações prediais de água quente (1993), o dimensionamento das tubulações de água quente segue o mesmo princípio da NBR 5626 – Instalação Predial de Água Fria. Seu dimensionamento, portanto, é realizado juntamente com o dimensionamento da água fria, feito no Item 3.7.8.

3.7.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O SISTEMA PREDIAL DE ESGOTO SANITÁRIO

O sistema predial de esgoto sanitário deve ser projetado de modo a evitar a contaminação da água de consumo tanto na tomada de água quanto em toda sua distribuição no sistema. O projeto do esgoto deve ser feito de forma a permitir o escoamento eficiente dos despejos, sem que ocorram depósitos e vazamentos em todo seu comprimento.

Devido à possibilidade de entupimentos, o acesso à rede de esgoto deve ser facilitado, com o uso de caixas de inspeção no encontro de diferentes ramais de esgoto. Os trechos horizontais do sistema de coleta e transporte deve possibilitar o escoamento por gravidade. Para isso, são recomendadas as declividades mínimas de 2% para tubulações com

DN igual ou inferior a 75mm, e de 1% para tubulações com diâmetros maiores que 100mm. Para coletores e subcoletores prediais, a declividade máxima a ser considerada é de 5%.

As mudanças de direção horizontal devem ser feitas por peças com ângulo de 45°. Para este sistema de esgoto, por se tratar de uma residência pequena, não há necessidade da previsão de uma coluna de ventilação. Ao invés disso, serão utilizados ralos e caixas sifonadas para evitar o retorno de odor da tubulação.

Na parte externa da residência, o esgoto caminhará no mesmo traçado da drenagem, porém em cotas diferentes: a tubulação de esgoto terá cota superior à tubulação de drenagem.

É recomendado o uso de caixas de gordura quando os efluentes contêm resíduos gordurosos. Assim, nas saídas das pias da cozinha e da área de churrasqueira, devem ser previstas caixas de gorduras.

A Documentos de Referência

Para o dimensionamento, foi utilizado:

ABNT NBR 8160 – Sistemas Prediais de Esgoto Sanitário, (1999).

B Memorial de Cálculo

B.1 Caixas Sifonadas

As caixas sifonadas são utilizadas para a coleta de efluentes de conjuntos de aparelhos sanitários. Suas dimensões mínimas são estabelecidas de acordo com critério a seguir (retirado da NBR 8160 – Sistemas Prediais de Esgoto Sanitário):

- DN 100 – quando recebem efluentes de aparelhos sanitários de até o limite de 6UHC
- DN 125 – quando recebem efluentes de aparelhos sanitários de até o limite de 10UHC
- DN 150 – quando recebem efluentes de aparelhos sanitários de até o limite de 15UHC

No projeto de esgoto, somente houve necessidade de adoção de uma caixa sifonada, no banheiro da empregada, de dimensão DN 100, nos demais banheiros, o esgoto da pia e do ralo ligam-se diretamente ao joelho de 90 do vaso sanitário. Como o ralo já é sifonado, não há necessidade do uso de caixa sifonada. A caixa sifonada recebe contribuição exclusiva do ralo do chuveiro e da pia, cujos números de unidades de Hunter de contribuição (UHC) são respectivamente 1 e 2. As outras tubulações provenientes das pias dos lavatórios foram conectadas diretamente nos tubos de quedas dos vasos, através de um joelho de 90 com visita de diâmetros 100x50mm.

B.2 Ramais de Descarga

Os diâmetros nominais mínimos dos ramais de descarga dos aparelhos sanitários são tabelados na NBR 8160 – Sistemas Prediais de Esgoto Sanitário, e possuem valores conforme Quadro 5:

Quadro 5 - Diâmetro nominal mínimo dos ramais de descarga

Aparelho sanitário		Número de unidades de Hunter de contribuição	Diâmetro nominal mínimo do ramal de descarga <i>DN</i>
Bacia sanitária		6	100 ¹⁾
Banheira de residência		2	40
Bebedouro		0,5	40
Bidê		1	40
Chuveiro	De residência	2	40
	Coletivo	4	40
Lavatório	De residência	1	40
	De uso geral	2	40
Mictório	Válvula de descarga	6	75
	Caixa de descarga	5	50
	Descarga automática	2	40
	De calha	2 ²⁾	50
Pia de cozinha residencial		3	50
Pia de cozinha industrial	Preparação	3	50
	Lavagem de panelas	4	50
Tanque de lavar roupas		3	40
Máquina de lavar louças		2	50 ³⁾
Máquina de lavar roupas		3	50 ³⁾

Os ramais de descarga, portanto, foram dimensionados utilizando-se os valores tabelados. Os resultados se encontram no Item 3.7.9B.

B.3 Tubos de Queda

Os tubos de queda, responsáveis pelo caminhamento vertical dos efluentes, são dimensionados pela somatória dos UHC, conforme valores máximos segundo Quadro 6. Os resultados se encontram no Item 3.7.9B.

Quadro 6 - Dimensionamento de tubos de queda

Diâmetro nominal do tubo <i>DN</i>	Número máximo de unidades de Hunter de contribuição	
	Prédio de até três pavimentos	Prédio com mais de três pavimentos
40	4	8
50	10	24
75	30	70
100	240	500
150	960	1 900
200	2 200	3 600
250	3 800	5 600
300	6 000	8 400

B.4 Coletor Predial e Subcoletores

No dimensionamento do coletor predial e dos subcoletores devem ser considerados todos os aparelhos contribuintes para o cálculo do número de UHC. Considerando-se uma declividade de 1%, os diâmetros mínimos nominais mínimos estão no Quadro 7:

Quadro 7 - Dimensionamento de subcoletores e coletor predial

Diâmetro nominal do tubo <i>DN</i>	Número máximo de unidades de Hunter de contribuição em função das declividades mínimas %			
	0,5	1	2	4
100	-	180	216	250
150	-	700	840	1 000
200	1 400	1 600	1 920	2 300
250	2 500	2 900	3 500	4 200
300	3 900	4 600	5 600	6 700
400	7 000	8 300	10 000	12 000

Os resultados se encontram no Item 3.7.9B.

B.5 Caixas de Gordura

Para a coleta de apenas uma cozinha, pode ser usada a caixa de gordura pequena ou a caixa de gordura simples:

- Caixa de gordura pequena (CGP)
 - Diâmetro interno – 0.30m
 - Parte submersa do septo – 0.20m
 - Capacidade de retenção – 18L

- Diâmetro nominal da tubulação de saída – 75
- Caixa de gordura simples (CGS)
 - Diâmetro interno – 0.40m
 - Parte submersa do septo – 0.20m
 - Capacidade de retenção – 31L
 - Diâmetro nominal da tubulação de saída – DN 75

Como houve a necessidade de uso de duas caixas de gordura optou-se pelo uso da menor para que o sistema não fique superdimensionado.

B.6 Caixas de Inspeção

As caixas de inspeção devem ter:

- Profundidade máxima de 1m
- Lado interno mínimo de 0,6m
- Tampa facilmente removível

B.7 Ventilação

A ventilação neste caso é dispensada, pois o ramal de descarga das bacias sanitárias é ligado através de um ramal exclusivo à prumada de esgoto com distância menor de 2,4m entre a bacia e o tubo de queda. Assim, a ventilação se faz por meio do próprio tubo de queda, que se estende até a cobertura para este fim.

3.7.6 CONSIDERAÇÕES SOBRE AS INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUAS PLUVIAIS

As tubulações para este fim devem ser projetadas de modo a permitir a limpeza e desobstrução de qualquer ponto no interior da instalação. A determinação da intensidade pluviométrica deve ser feita para valores fixados de duração de precipitação e o período de retorno. Tomam-se como base dados pluviométricos locais (de Ribeirão Preto). O período de retorno é de 1 ano para áreas pavimentadas onde empoçamentos podem ser tolerados e a duração da precipitação é fixada em $t=5\text{min}$.

Na residência, não será necessária a utilização de calhas, devido ao projeto do telhado, por isso o escoamento das águas pluviais será realizado apenas no nível do solo.

A Documentos de Referência

Para o dimensionamento foi utilizado:

- ABNT NBR 10844 – Instalações Prediais de águas pluviais, (1989)

B Memorial de Cálculo

B.1 Condutores Horizontais

O dimensionamento dos condutores horizontais deve ser feito para o escoamento com lâmina de altura igual a 2/3 do diâmetro interno D do tubo. Primeiramente é necessário o cálculo da vazão de projeto, empregando-se a fórmula:

$$Q = \frac{I \times A}{60}$$

Onde:

Q = Vazão de Projeto, em L/min

I = Intensidade Pluviométrica, em mm/h

A = Área de contribuição, em m²

No cálculo da área de contribuição, deve-se considerar a área inclinada da cobertura somada à área do jardim. A área do terreno é 126,5m² e a área da projeção horizontal dos telhados, 171,5m². Considerando uma inclinação de 35% dos telhados, a área efetiva dos mesmos é de 181m².

Obtendo-se os dados pluviométricos da região de Ribeirão Preto junto à prefeitura da cidade, definiu-se a intensidade pluviométrica em 75,7mm/h, com um período de retorno de 25 anos

Assim, o valor final da vazão de projeto é:

$$Q = \frac{75,7 \times 181,6}{60} = 230L/min$$

Devem ser previstas caixas de areia sempre que houver mudança de declividade e a cada trecho de 20m em percursos retilíneos. O diâmetro do tubo é tabelado, de acordo com a capacidade máxima de cada tubulação, segundo Quadro 8, tirada da NBR 10844 – Instalações Prediais de Águas Pluviais:

Quadro 8 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular

	Diâmetro interno (D) (mm)	$n = 0,011$				$n = 0,012$				$n = 0,013$			
		0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
2	75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
3	100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
4	125	370	521	735	1.040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1.190	1.690	552	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
6	200	1.300	1.820	2.570	3.650	1.190	1.670	2.380	3.350	1.100	1.540	2.180	3.040
7	250	2.350	3.310	4.660	6.620	2.150	3.030	4.280	6.070	1.990	2.800	3.950	5.600
8	300	3.820	5.380	7.590	10.800	3.500	4.930	6.960	9.870	3.230	4.550	6.420	9.110

Para o escoamento das águas pluviais, portanto, foi escolhida tubulação de DN 100mm com inclinação de 1,0% e utilização de tubo dreno corrugado.

3.7.7 CONSIDERAÇÕES SOBRE AS INSTALAÇÕES PREDIAIS DE GÁS

Toda instalação interna deve ter um registro geral de corte situado na rede de distribuição. Este registro deve ter fácil acesso e de preferência se localizar fora da cozinha. Como seu percurso no projeto é paralelo à tubulação de água quente e fria, deve-se manter uma distância entre as tubulações a fim de se permitir fácil manutenção. A ligação dos aparelhos à rede, diferentemente do sistema de água, deve ser feito por conexões rígidas.

O abastecimento será feito por uso de botijões, que possuirão abrigo exclusivo, na parte externa da casa no recuo lateral. Deve ser prevista também uma abertura para ventilação, com área mínima de 10% da área total em planta do abrigo.

A Documentos de Referência

Para o dimensionamento foi utilizada:

- ABNT NBR 13932 – Instalações Internas de Gás Liquefeito de Petróleo, (1997)

B Memorial de Cálculo

Devido ao uso exclusivo do sistema para o abastecimento de apenas um aparelho, um fogão de 6 bocas com forno, será utilizado o dimensionamento mínimo para a tubulação, não correndo-se o risco de insuficiência.

3.7.8 DIMENSIONAMENTO

A Água

- Primeiro deve-se realizar o traçado da rede de água quente e fria, dividindo-a em trechos menores para transição de diferentes diâmetros de tubulação.

- Então, faz-se a soma dos pesos relativos de cada trecho, segundo tabela abaixo (Quadro 9) onde se atribui pesos relativos de cálculo para os diferentes aparelhos hidráulicos. Os pesos relativos são cumulativos, e se somam à medida que há interconexões entre diferentes trechos.

Quadro 9 - Pesos relativos nos pontos de utilização identificados em função do aparelho sanitário e da peça de utilização

Aparelho sanitário		Peça de utilização	Vazão de projeto L/s	Peso relativo
Bacia sanitária		Caixa de descarga	0,15	0,3
		Válvula de descarga	1,70	32
Banheira		Misturador (água fria)	0,30	1,0
Bebedouro		Registro de pressão	0,10	0,1
Bidê		Misturador (água fria)	0,10	0,1
Chuveiro ou ducha		Misturador (água fria)	0,20	0,4
Chuveiro elétrico		Registro de pressão	0,10	0,1
Lavadora de pratos ou de roupas		Registro de pressão	0,30	1,0
Lavatório		Torneira ou misturador (água fria)	0,15	0,3
Mictório cerâmico	com sifão integrado	Válvula de descarga	0,50	2,8
	sem sifão integrado	Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga para mictório	0,15	0,3
Mictório tipo calha		Caixa de descarga ou registro de pressão	0,15 por metro de calha	0,3
Pia		Torneira ou misturador (água fria)	0,25	0,7
		Torneira elétrica	0,10	0,1
Tanque		Torneira	0,25	0,7
Torneira de jardim ou lavagem em geral		Torneira	0,20	0,4

- Cálculo do diâmetro mínimo limitado pela velocidade máxima de escoamento de 3m/s segundo equação:

$$D = \sqrt{4 \times Q / 3 \times \pi}$$

- A velocidade real de escoamento é então calculada, admitindo-se o diâmetro nominal escolhido, e também a perda de carga distribuída da tubulação:

Para tubos rugosos : $J = 20,2 \times 10^6 \times Q^{1,88} \times d^{-4,88}$

Para tubos lisos : $J = 8,69 \times 10^6 \times Q^{1,75} \times d^{-4,75}$

- Determina-se a diferença de cotas entre a entrada e a saída de cada trecho, considerando positiva quando a entrada tem cota superior à da saída e negativa em caso contrário;
- Determinar a pressão disponível na saída de cada trecho, somando ou subtraindo à pressão residual na sua entrada o valor do produto da diferença de cota pelo peso específico da água (10 kN/m³)

- Mede-se o comprimento real do tubo que compõe cada trecho considerado e então o comprimento equivalente, que assume as interferências do escoamento como distância com perda de carga distribuída equivalente. À cada peça ou desvio é atribuída um comprimento equivalente, segundo Quadro 10 e Quadro 11:

Quadro 10 - Perda de carga em conexões - Comprimento equivalente para tubo rugoso

Diâmetro nominal (DN)	Tipo de conexão					
	Cotovelo 90°	Cotovelo 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê passagem direta	Tê passagem lateral
15	0,5	0,2	0,3	0,2	0,1	0,7
20	0,7	0,3	0,5	0,3	0,1	1,0
25	0,9	0,4	0,7	0,4	0,2	1,4
32	1,2	0,5	0,8	0,5	0,2	1,7
40	1,4	0,6	1,0	0,6	0,2	2,1
50	1,9	0,9	1,4	0,8	0,3	2,7
65	2,4	1,1	1,7	1,0	0,4	3,4
80	2,8	1,3	2,0	1,2	0,5	4,1
100	3,8	1,7	2,7	...	0,7	5,5
125	4,7	2,2	0,8	6,9
150	5,6	2,6	4,0	...	1,0	8,2

Quadro 11 - Perda de carga em conexões - Comprimento equivalente para tubo liso

Diâmetro nominal (DN)	Tipo de conexão					
	Cotovelo 90°	Cotovelo 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê passagem direta	Tê passagem lateral
15	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3
20	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4
25	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1
32	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6
40	3,2	1,0	1,2	0,6	2,2	7,3
50	3,4	1,3	1,3	0,7	2,3	7,6
65	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8
80	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0
100	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3
125	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10,0
150	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1

- Determinar a perda de carga de cada trecho, multiplicando-se seu comprimento equivalente pela perda de carga distribuída;
- Determinar perda de carga provocadas por registros ou outras singularidades. Somar esta perda de carga especial à perda de carga por atrito do caminhamento de água na tubulação. No caso de registros, a perda de carga em kPa é dada por:

$$\Delta h = 8 \times 10^6 \times K \times Q^2 \times \pi_{2xd_4}$$

Δh é a perda de carga no registro, em quilopascal;

K é o coeficiente de perda de carga do registro

Q é a vazão estimada na seção considerada, em litros por segundo;

d é o diâmetro interno da tubulação, em milímetros.

- Determinar a pressão disponível residual na saída de cada trecho, subtraindo a perda de carga total da pressão disponível;
- Se a pressão residual for menor que a pressão requerida no ponto de utilização, ou se a pressão for negativa, repete-se o processo, selecionando um diâmetro interno maior para a tubulação de cada trecho

B Esgoto

B.1 Dimensionamento dos Ramais de Descarga:

Para determinar-se os diâmetros dos ramais de descarga dos diversos aparelhos, deve-se consultar a seguinte, Quadro 12, onde UHC é um peso dado aos aparelhos relativamente à sua contribuição e solicitação do sistema.

Quadro 12 - Número de unidades de Hunter de contribuição e DN mínimo do ramal de descarga

Aparelho sanitário		Número de unidades de Hunter de contribuição	Diâmetro nominal mínimo do ramal de descarga DN
Bacia sanitária		6	100 ¹⁾
Banheira de residência		2	40
Bebedouro		0,5	40
Bidê		1	40
Chuveiro	De residência	2	40
	Coletivo	4	40
Lavatório	De residência	1	40
	De uso geral	2	40
Mictório	Válvula de descarga	6	75
	Caixa de descarga	5	50
	Descarga automática	2	40
	De calha	2 ²⁾	50
Pia de cozinha residencial		3	50
Pia de cozinha industrial	Preparação	3	50
	Lavagem de panelas	4	50
Tanque de lavar roupas		3	40
Máquina de lavar louças		2	50 ³⁾
Máquina de lavar roupas		3	50 ³⁾

B.2 Dimensionamento dos Ramais de Esgoto

Quando dois ou mais ramais de descarga se encontram, formando uma única tubulação, essa tubulação passa a se chamar ramal de esgoto. O dimensionamento é feito Segundo Quadro 13:

Quadro 13 – Diâmetro nominal dos ramais de esgoto

Diâmetro nominal mínimo do tubo <i>DN</i>	Número máximo de unidades de Hunter de contribuição <i>UHC</i>
40	3
50	6
75	20
100	160

B.3 Dimensionamento dos Sub-coletores

Deve-se prever também uma declividade mínima de 1% para os tubos sub-coletores, para o perfeito funcionamento do esgoto. Seu dimensionamento é feito segundo o Quadro 14:

Quadro 14 – Diâmetro nominal dos sub-coletores

Diâmetro nominal do tubo <i>DN</i>	Número máximo de unidades de Hunter de contribuição em função das declividades mínimas %			
	0,5	1	2	4
100	-	180	216	250
150	-	700	840	1 000
200	1 400	1 600	1 920	2 300
250	2 500	2 900	3 500	4 200
300	3 900	4 600	5 600	6 700
400	7 000	8 300	10 000	12 000

B.4 Dimensionamento dos Tubos de Queda

Os tubos de queda são tubulações que levam verticalmente o fluxo de dejetos por gravidade. Seu dimensionamento é feito segundo o Quadro 15:

Quadro 15 - Diâmetro nominal dos tubos de queda

Diâmetro nominal do tubo <i>DN</i>	Número máximo de unidades de Hunter de contribuição	
	Prédio de até três pavimentos	Prédio com mais de três pavimentos
40	4	8
50	10	24
75	30	70
100	240	500
150	960	1 900
200	2 200	3 600
250	3 800	5 600
300	6 000	8 400

3.7.9 RESULTADOS

A Água

Segue, Tabela 70, os resultados obtidos para as tubulações de água quente e fria:

Tabela 70 - Dimensionamento das tubulações de água quente e fria

			Aparelho	Peso	S pesos	Q (l/s)	Q (m³/s)	D (m)	DN nec (mm)	DN util (mm)	V (m/s)	Perda unit (kPa/m)	Dif cota (m)	Pressao disp (kPa)	L tub (m)		Perda carga (kPa)			Pressao disp	Pressao requerida	Atende?
															Real	Eq	Tub	Pecas	Total			
ÁGUA FRIA	Prumada 1	Banho Empregada	chuv	0,4	0,4	0,190	0,000190	0,009	20	20	0,60	0,3133	-0,9	20,9	0,53	5,365	1,68058975	0,1922	1,87283	19,0	10	OK
			pia	0,7	0,7	0,251	0,000251	0,010	20	20	0,80	0,5112	-1	29,4	1,2	4,4	2,24906991	0	2,24907	27,1	5	OK
			descarga	0,3	0,3	0,164	0,000164	0,008	20	20	0,52	0,2435	-0,6	35,1	0,6	7,2	1,75348917	0	1,75349	33,4	25	OK
			trecho	0	1	0,300	0,000300	0,011	25	25	0,61	0,2420	1,4	42,0	1,754	3,754	0,90836669	0	0,90837	41,1	0	OK
			trecho	0	1,4	0,355	0,000355	0,012	25	25	0,72	0,3248	1,4	31,0	1,4	2,9	0,94194807	0,1473	1,08926	29,9	0	OK
		Banho Master	pia	0,7	0,7	0,251	0,000251	0,010	20	20	0,80	0,5112	-1	14,6	1,53	4,73	2,41775015	0	2,41775	12,1	5	OK
			descarga	0,3	1	0,300	0,000300	0,011	20	20	0,95	0,6984	-0,6	23,6	0,6	7,2	5,02830936	0	5,02831	18,6	12	OK
			chuveiro	1	1	0,300	0,000300	0,011	20	20	0,95	0,6984	-0,9	14,0	0,171	2,571	1,79552547	0,304	2,09949	11,9	10	OK
			trecho	0	1,7	0,391	0,000391	0,013	25	25	0,80	0,3850	1,4	25,9	2,1	13,7	5,27388074	0	5,27388	20,6	0	OK
			prumada	0	3,1	0,528	0,000528	0,015	25	25	1,08	0,6512	1,6	27,4	1,6	6,4	4,16762263	0,2192	4,38683	23,0	0	OK
	Prumada 2	Serviço	trecho	0	4,1	0,607	0,000607	0,016	25	25	1,24	0,8317	0	20,0	5,7	10,4	8,64940325		8,6494	11,4	0	OK
			tanque	1,1	2,1	0,435	0,000435	0,014	20	20	1,38	1,3367	-0,9	33,6	1,55	8,75	11,6960557		11,6961	21,9	5	OK
			Máquina	1	1	0,300	0,000300	0,011	20	20	0,95	0,6984	-0,4	26,9	0,9	5,3	3,70139439		3,70139	23,2	0	OK
		Banho 1	trecho	0	2,1	0,435	0,000435	0,014	20	20	1,38	1,3367	2,8	46,8	2,8	2,8	3,74273783	0,4405	4,18322	42,6	0	OK
			pia	0,7	0,7	0,251	0,000251	0,010	20	20	0,80	0,5112	-1	11,1	1,43	4,63	2,36663492	0	2,36663	8,8	5	OK
			descarga	0,3	1	0,300	0,000300	0,011	20	20	0,95	0,6984	-0,6	23,9	1,3	12,5	8,72970375	0	8,7297	15,1	12	OK
			chuveiro	0,4	0,4	0,190	0,000190	0,009	20	20	0,60	0,3133	-0,9	16,8	0,5	5,3	1,66022846		1,66023	15,1	10	OK
			prumada	0	3,1	0,528	0,000528	0,015	20	20	1,68	1,8795	1,4	38,1	1,4	4,4	8,26958378		8,26958	29,9	0	OK
			prumada 2	0	3,5	0,561	0,000561	0,015	20	20	1,79	2,0900	1,6	29,7	1,6	1,6	3,34402114	0,5687	3,91268	25,8	0	OK
			trecho	0	3,5	0,561	0,000561	0,015	25	25	1,14	0,7241	0	20,0	4	8,7	6,30007504		6,30008	13,7	0	OK
	Prumada 3	Cozinha	pia churrasco	0,7	0,7	0,251	0,000251	0,010	20	20	0,80	0,5112	-0,9	11,2	2,14	5,34	2,72955302	0	2,72955	8,5	5	OK
			pia2	0,7	1,4	0,355	0,000355	0,012	20	20	1,13	0,9375	-1	17,1	1,8	7,4	6,93718448	0	6,93718	10,2	5	OK
			pia3	0,7	2,1	0,435	0,000435	0,014	20	20	1,38	1,3367	-1	31,9	3,8	11	14,7036129	0	14,7036	17,1	5	OK
			prumada	0	2,1	0,435	0,000435	0,014	20	20	1,38	1,3367	2,8	46,0	2,8	2,8	3,74273783	0,4405	4,18322	41,9	0	OK
		Banho 2	pia	0,7	0,7	0,251	0,000251	0,010	20	20	0,80	0,5112	-1	10,4	1,43	4,63	2,36663492	0	2,36663	8,0	5	OK
			descarga	0,3	1	0,300	0,000300	0,011	20	20	0,95	0,6984	-0,6	23,1	1,3	12,5	8,72970375	0	8,7297	14,4	12	OK
			chuveiro	0,4	0,4	0,190	0,000190	0,009	20	20	0,60	0,3133	-0,9	16,8	0,5	5,3	1,66022846	0,1922	1,85247	14,9	10	OK
			prumada	0	3,1	0,528	0,000528	0,015	20	20	1,68	1,8795	1,4	37,9	1,4	4,4	8,26958378	0,5352	8,80477	29,1	0	OK
			prumada 2	0	3,5	0,561	0,000561	0,015	20	20	1,79	2,0900	1,6	29,7	1,6	1,6	3,34402114	0,5687	3,91268	25,8	0	OK
			trecho	0	3,5	0,561	0,000561	0,015	25	25	1,14	0,7241	0	20,0	4	8,7	6,30007504		6,30008	13,7	0	OK
	Prumada 4	Lavabo	pia	0,7	0,7	0,251	0,000251	0,010	20	20	0,80	0,5112	-1	36,4	1,43	4,63	2,36663492	0	2,36663	34,0	5	OK
			descarga	0,3	1	0,300	0,000300	0,011	20	20	0,95	0,6984	-0,6	53,3	1,3	9,9	6,91392537	0	6,91393	46,4	12	OK
			prumada	0	1,7	0,391	0,000391	0,013	20	20	1,25	1,1110	4,8	65,0	4,8	4,8	5,33302398	0,3963	5,72934	59,3	0	OK
ÁGUA QUENTE	Prumada 1	Banho Empregada	chuv	0,4	0,4	0,190	0,000190	0,009	20	20	0,60	0,3133	-0,9	35,3	1,16	7,16	2,24287468	0,1922	2,43512	32,9	10	OK
			pia	0,7	0,7	0,251	0,000251	0,010	20	20	0,80	0,5112	-1	31,9	2,8	6,4	3,27137441	0	3,27137	28,6	5	OK
			trecho	0	1,1	0,315	0,000315	0,012	20	20	1,00	0,7591	1,4	46,1	1,6	2,4	1,82187818	0	1,82188	44,3	0	OK
		Banho Master	pia	0,7	0,7	0,251	0,000251	0,010	20	20	0,80	0,5112	-1	25,7	2,3	7,1	3,62918098	0	3,62918	22,1	5	OK
			chuveiro	0,4	0,4	0,190	0,000190	0,009	20	20	0,60	0,3133	-0,9	16,7	1,16	7,16	2,24287468	0,1922	2,43512	14,3	10	OK
			trecho	0	0,7	0,251	0,000251	0,010	20	20	0,80	0,5112	1,4	37,3	1,4	3	1,53345675	0	1,53346	35,7	0	OK
			prumada	0	2,2	0,445	0,000445	0,014	20	20	1,42	1,3922	1,6	28,4	1,6	1,6	2,22755954	0,4509	2,67841	25,7	0	OK
			trecho	0	2,2	0,445	0,000445	0,014	20	20	1,42	1,3922	0	20,0	5	8,9	12,3907999		12,3908	7,6	0	OK
		Banho 1	pia	0,7	0,7	0,251	0,000251	0,010	20	20	0,80	0,5112	-1	25,7	1,43	4,63	2,36663492	0	2,36663	23,3	5	OK
			chuveiro	0,4	0,4	0,190	0,000190	0,009	20	20	0,60	0,3133	-0,9	16,7	0,5	5,3	1,66022846		1,66023	15,0	10	OK
			prumada	0	2,5	0,474	0,000474	0,014	20	25	0,97	0,5395	1,6	28,1	1,6	4,6	2,48154566		2,48155	25,7	0	OK
	Prumada 2	Banho 1	prumada 2	0	2,1	0,435	0,000435	0,014	20	20	1,38	1,3367	1,4	38,0	1,4	1,4	1,87136892	0,4405	2,31185	35,7	0	OK
			trecho	0	2,5	0,474	0,000474	0,014	20	20	1,51	1,5570	0	20,0	1,35	5,05	7,86282081		7,86282	12,1	0	OK
			pia2	0,7	0,7	0,251	0,000251	0,010	20	20	0,80	0,5112	-1	37,0	1,8	7,4	3,78252666	0	3,78253	33,2	5	OK
		Cozinha	pia3	0,7	1,4	0,355	0,000355	0,012	20	20	1,13	0,9375	-1	47,3	3,8	11	10,312031	0	10,312	37,0	5	OK
			prumada	0	1,4	0,355	0,000355	0,012	20	20	1,13	0,9375	2,8	60,3	2,8	2,8	2,62488061	0,3597	2,98454	57,3	0	OK

B Esgoto

Segue, na Tabela 71, os resultados obtidos para as tubulações de Esgoto

Tabela 71 - Dimensionamento do sistema do esgoto

ESGOTO				
		UHC	DN	N Ref
Prumada 1	Banho 2	6	100	4
		1	40	1
		2	40	1
		9	75	3
	Banho 1	6	100	4
		1	40	1
		2	40	1
		9	75	3
	TQ	18	75	3
	Lavabo	1	40	1
		6	100	4
		7	75	3
	Cozinha	3	50	2
		3	50	2
		6	50	2
	Sub-coletor	31	100	4
Prumada 2	Banho Master	6	100	4
		1	40	1
		2	40	1
		9	75	3
	TQ	9	50	2
	Empregada	6	100	4
		1	40	1
		2	40	1
		9	75	3
	Serviço	3	50	2
		3	40	1
		9	75	3
		12	75	3
	Garagem	15	75	3
		2	40	1
	Sub-coletor	26	100	4
Coletor		57	100	4

3.7.10 QUANTITATIVOS E CUSTOS

Tabela 72 - Quantitativo de peças

PEÇAS	DN	N Peças	Preço Unitário	Preço
Joelho 90 Água Fria Soldável	20mm	41	0,64	26,24
Tê 90 Água Fria Soldável	20mm	14	0,84	11,76
Registro Esfera	20mm	4	15,26	61,04
Registro chuveiro Completo	20mm	6	54,4	326,4
Tê 90 Água Fria Soldável	25mm	1	1,06	1,06
Joelho Redução 90 Soldável	25X20mm	4	1,96	7,84
Joelho 90 Água Fria Soldável	25mm	5	2,54	12,7
Registro chuveiro Completo	25mm	2	63,2	126,4
Joelho Redução 90 Soldável	32mmX25mm	1	2,97	2,97
Tê Redução 90 Soldável	32X25mm	1	5,25	5,25
Tê 90 Água Fria Soldável	32mm	2	3,02	6,04
Bucha Redução Soldável Longa	32X25mm	1	0,8	0,8
Bucha Redução Soldável Curta	40X32mm	1	1,54	1,54
Tê 90 Água Fria Soldável	40mm	1	7,16	7,16
Joelho 90 Água Fria Soldável	40mm	5	9,54	47,7
Curva 45 Água Fria Soldável	20mm	1	1,64	1,64
Te Redução Água Fria Soldável	25X20mm	2	2,7	5,4
Curva Transposição Soldável	25mm	2	4,73	9,46
Misturador para Chuveiro	20mm	4	108,9	435,6
Joelho com Rosca PPR	20mm	34	1,78	60,52
Tê com rosca central PPR	20mm	9	2,05	18,45
Joelho 90 Esgoto Série Normal	40mm	8	3,39	27,12
Ralo Cônico Esgoto Série Normal	40mm	7	3,71	25,97
Cx. Sifonada	100x100x50mm	1	41,23	41,23
Joelho 45 Esgoto Série Normal	40mm	13	1,91	24,83
Joelho 45 Esgoto Série Normal	75mm	0	5,99	0
Joelho 45 Esgoto Série Normal	100mm	9	18,13	163,17
Joelho 90 c. visita Esgoto Série Normal	100x50mm	4	13,99	55,96
Joelho 90 Esgoto Série Normal	100mm	3	16,7	50,1
Joelho 45 Esgoto Série Normal	50mm	3	2,81	8,43
Joelho 90 Esgoto Série Normal	50mm	2	7,69	15,38
Bucha Red. Longa Esgoto Série Normal	50x40mm	6	2,05	12,3
Junção Simples Esgoto Série Normal	50x50mm	2	6,78	13,56
Junção Simples Esgoto Série Normal	40x40mm	1	2,92	2,92
Junção Simples Esgoto Série Normal	100x100mm	1	14,73	14,73
Junção Simples Esgoto Série Normal	100x50mm	4	12,77	51,08
Caixa Gordura Tigre Esgoto Série Normal	75mm	2	175,17	350,34
Caixa de Inspeção Esgoto Série Normal	100mm	3	145,86	437,58
Curva 45 Corrugado	150mm	3	5,3	15,9
Curva 45 Longa Corrugado	150mm	1	7,4	7,4
Caixa de Areia	u	3	119,9	359,7
Curva 45 Longa Esgoto Série Normal	100mm	1	23,23	23,23
Junção Dupla Esgoto Série Normal	100100x100mm	1	25,54	25,54
			TOTAL	2902,44

Tabela 73 - Quantitativo de metais e louças

METAIS E LOUÇAS	Qntd	Preço unit.	Preço total
Ralo Inox	9	30,1	270,9
Misturador Pia	5	300	1500
Pia Cozinha	1	597,8	597,8
Pia Churrasco	1	281,5	281,5
Lavatório Empregada	1	220,2	220,2
Caixa Acoplada	5	104,25	521,25
Chuveiro Emregada	1	135	135
Misturador Chuveiro	6	283,7	1702,2
Misturador Chuveiro Empregada	2	145,5	291
Metal Registro	10	170,3	1703
Misturador Cozinha	1	745,6	745,6
Torneira quintal+tanque	3	38,3	114,9
TOTAL			8083,35

Tabela 74 - Quantitativo de outros materiais

OUTROS	Qntd	Preço	Preço total
Sifões	8	8,2	65,6
Boiler + aquecedor	1	2800	2800
Placa verde	4	39,3	157,2
Box chuveiro		320	0
Medidor de água SABESP	1	60	60
Caixa D'Água	2	159,9	319,8
TOTAL			3402,6

Tabela 75 - Custo total

Itens	Custo R\$
Metais e Louças	8083,35
Peças	3402,6
Outros	1700,112
Total	13186,062

3.7.11 CONCLUSÃO

Com a evolução e desenvolvimento dos projetos de hidráulica, foi adquirido muito conhecimento dos detalhamentos necessários e pode-se perceber as dificuldades que envolve o processo. Devido à falta de prática em desenvolvimento de projetos, foi despendido um grande tempo em retrabalho. Por diversas vezes foi necessária a modificação, muitas vezes radical, de todo o projeto, devido à falta de compatibilização com outros projetos (como o de elétrica e arquitetura). A ordenação do desenvolvimento de projeto por muitas vezes foi ignorada, o que gerou avanço do desenvolvimento com dados ainda incertos, que acabavam sendo modificados mais adiante, gerando a necessidade de adaptação de todo o produto já gerado, e de todos aqueles outros que dependiam daquela informação.

No entanto, a partir do momento que se concluiu a compatibilização, pode-se avançar mais fluentemente com o projeto. O principal entrave durante sua concepção foi a definição do caminhamento das tubulações e as técnicas construtivas a serem utilizadas.

3.8 PROJETO ELÉTRICO

3.8.1 INTRODUÇÃO

O subprojeto de elétrica e comunicação de uma casa geralmente é um dos pontos críticos tanto devido ao mau-dimensionamento quanto à concepção de projeto.

Dimensionamentos feitos sem o devido cuidado técnico podem resultar em fiações, quadros e eletrodutos inapropriados à potência gerada pelos pontos de utilização podendo resultar em problemas que vão desde disjuntores que desarmam constantemente, incêndios em quadros de luz à fiações derretidas.

Similarmente do ponto de vista da concepção, a falta de pontos de tomada pode levar o usuário à utilização de “benjamins”, sobrecarregando a seção de fiação gerando seu aquecimento e, também, o desarme de disjuntores devido à maior corrente que a prevista; ou o mesmo irá optar pela colocação de mais pontos de tomada, sem o devido cuidado com a conferência dos diâmetros dos eletrodutos, e capacidade dos disjuntores, gerando uma taxa de ocupação possivelmente acima da máxima permitida (40% para três ou mais condutores), também resultando em aquecimento da fiação, e disjuntores também sobrecarregados.

Também, a iluminação por vezes é insuficiente, levando a problemas de conforto e interruptores são colocados de forma a garantir controles “simples” fazendo muitas vezes com que o usuário tenha que se deslocar no escuro para ativar o sistema.

Assim, o correto dimensionamento vai muito além do mínimo estipulado de pela NBR5410:2008- Instalações Elétricas de Baixa tensão. Ele deve ser focado na operação do usuário.

As recomendações mínimas são:

- Iluminação: 100 VA para áreas inferiores a 6 m²; para áreas superiores, 100 VA para os primeiros 6 m² acrescidos de 60 VA para cada aumento inteiro de 4 m².
- Ao menos um ponto de tomada de 600 VA para banheiros, distante de 60 cm do box.
- Em cozinhas e áreas de serviço, no mínimo uma tomada para cada 3.5 m de perímetro ou fração, com, ao menos, um ponto em cima de bancadas com largura maior que 0.3 m. Com 600 VA por tomada, até os três primeiros pontos, e 100 VA para os demais.
- Ao menos uma tomada de 100 VA para corredores, sótãos e varandas. No caso do sótão, o circuito que comportar o “boiler” e/ou “booster” deverá ter uma potência mínima de 1000 VA.
- Quartos, salas de tv, estar e jantar com área superior à 6 m² com um ponto de tomada de 100 VA a cada 5 m de perímetro ou fração espaçadas uniformemente.

3.8.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS PONTOS DE TOMADA

Assim, distribuição de tomadas orientada às necessidades do usuário ficará sujeita à distribuição da mobília na planta humanizada e a adoção de hipóteses de comportamento cotidiano (manutenção e higienização da casa, lazer e decoração).

Na sala de televisão, há a necessidade de se considerar pontos para os seguintes aparelhos: a televisão em si, o aparelho distribuidor da fornecedora de cabo, aparelho blu-ray e o distribuidor wifi. Ao lado do sofá considerou-se três pontos em cada lado, e no corredor à frente dos quartos para necessidades como: luminárias, aparelho de som e possibilidade de se carregar aparelhos como celulares ou utilizar aspirador de pó. Há também um ponto no piso para caso se fixe uma mesa para computadores na sala, com dois pontos para notebooks.

Nos dois quartos, foi considerada a necessidade de aparelho de televisão, distribuidor de canais a cabo e blue-ray na parede a frente da cama, onde se pressupõe que haverá fixação do aparelho de suporte para televisão. Quatro pontos adicionais foram colocados para notebook, impressora, luminária, carregador de celular ou auxílio à limpeza. Também há ponto 220 V para instalação de ar-condicionado 7500 Btu/h e ventilador para circulação de ar.

No quarto master, os pontos de televisão, ventilador e ar condicionado são análogos ao acima, havendo dois pontos de tomada em cada lado da cama para luminárias e carregador de celular; um ponto próximo à entrada para outra luminária; um ponto dentro do closet para necessidades diversas.

Os banheiros tanto dos quartos como o de serviço possuem um ponto de tomada, pois como são de pequenas dimensões, pressupõe-se que não haverá duas pessoas necessitando utilizar o ponto ao mesmo tempo, a potência requerida por norma de 600VA é suficiente para considerar aparelhos como barbeador, secador ou chapinha. O banheiro de serviço, no entanto, possui também tomada 220 V para chuveiro elétrico, em caso de haver manutenção no boiler da residência.

A varanda, lavabo e dispensa possuem uma tomada, por norma. A garagem possui uma tomada 127 V e uma 220 V, a primeira por necessidade de norma, a segunda para utilização de aparelho cortador de grama. A sala de estar possui pontos de televisão análogos à sala de tv, com um ponto de tomada em cada lado do sofá para suporte. A sala de jantar possui três pontos espalhados uniformemente para suporte ao usuário com luminárias e aparelhos para limpeza.

A área de serviço possui uma tomada para a máquina de lavar roupa com 220 V e quatro pontos para utilização de aparelhos como passador de roupa, aspirador de pó e qualquer necessidade de aparelho para a manutenção do corredor lateral. Cabe notar a escolha da voltagem para a máquina de lavar foi feita de forma a fornecer variedade de tensão ao usuário, pois caso haja a necessidade de se ligar um aparelho 220 V na área do corredor lateral, por exemplo, uma máquina pressurizadora de água para manutenção de

piso, ele poderá utilizar o ponto da máquina de lavar para tal. Ao mesmo tempo, máquinas de lavar nesta tensão são de fácil acesso na região de Ribeirão Preto.

A cozinha, por fim, possui pontos dois pontos unificados e em circuito próprio para geladeira e freezer, pois são aparelhos que demandam alta potência da instalação (1600W) e, se colocados em circuitos conjuntamente com as demais tomadas, levariam a diâmetros desnecessários de fiação; o mesmo se aplica à máquina de lavar louça com 2000W de potência; há ainda um ponto para o acendedor elétrico do fogão; quatro pontos acima da bancada da cozinha e dois pontos acima da mesa de café da manhã para utilização de diversos eletroeletrônicos.

Cabe notar que a potência do circuito de eletroeletrônicos totaliza 2400 W, assim a instalação de aparelhos como microondas (1500W), e aparelhos domésticos como batedeiras (300W) são comportados no circuito. Caso o usuário opte por utilizar forno elétrico, a CPFL define que a potência a ser considerada é de 1500 W, portanto a utilização conjunta do mesmo com o aparelho microondas levaria a um sobrecarregamento do circuito, como decisão de projeto optou-se por adotar a hipótese de um usuário que utilizaria um fogão à gás, pois esta hipótese levará a necessidade de tubulação e abrigo para o gás, fatores de projeto mais críticos que a troca do disjuntor e diâmetro da fiação, recomenda-se na venda da residência que tal fato seja comentado para maior segurança do usuário.

No jardim foi considerada a necessidade de máquinas de cortar grama de 220V e dois pontos para necessidades junto à churrasqueira como aparelho de som e eletroeletrônicos.

Como dito, nos quartos, há previsão de ponto de tomada para aparelhos de ar-condicionado de janela, pois tanto são áreas de grande permanência do usuário necessitando de condicionamento para conforto mínimo do usuário, bem como o ponto 220V oferece variedade de tensão ao usuário.

No entanto, a área da sala de televisão, estar e jantar possui grande volumetria (80 m² em planta com 2.80 de pé-direito). Neste caso, embora se procure fazer os pontos de tomada com vistas na utilização do usuário, a previsão de condicionamento geraria a necessidade de colocação de forro para a tubulação frigorígena e colocação de split K7, previsão de área para condensadora, aumentando o custo da residência, bem como acarretaria em uma potência de instalação de ligação trifásica, muitas vezes não disponível em redes residenciais. Assim, por se tratarem de áreas de média permanência, munidas de ventiladores, decidiu-se como critério de projeto deixar o usuário avaliar a real necessidade de instalação de pontos de ar-condicionado nesta região e arcar com os custos de instalação e reforma do mesmo.

3.8.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE O SISTEMA DE COMUNICAÇÃO

O sistema de comunicação consiste na campainha, com sistema de som centralizado na área da sala de estar junto à cozinha; pontos de televisão na sala de estar, quartos e sala de televisão e telefonia espalhados uniformemente pela residência.

Como os sistema de internet são, hoje, em sua maioria, tipo Wifi, optou-se por colocar saídas tipo RJ45 apenas na entrada do aparelho distribuidor da fornecedora na sala de estar e no ponto da sala de televisão onde haverá instalação de rebatedor de sinal wifi .

Todavia, ao mesmo tempo, optou-se por deixar os eletrodutos utilizados para comunicação com diâmetro maior que o necessário, pois tal diâmetro unificará com o utilizado em elétrica, ao mesmo tempo que gerará facilidade ao usuário que poderá optar por passar o cabeamento de internet.

Assim, em suma, o cabo uniaxial de comunicação da fornecedora (televisão, internet e telefonia) chegará na sala de estar, alimentando as necessidades locais e, também, subindo para a sala de televisão (televisão, telefonia e internet), onde se conectará também às necessidades locais ao mesmo tempo que derivará para os quartos (televisão e telefonia) através do uso de dispositivo divisor de sinal na caixa de passagem.

3.8.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE O SISTEMA DE INTERRUPTORES

A distribuição de interruptores e a lógica dos mesmos também foi feita com base em um pensamento voltado ao uso, por exemplo, no quarto de casal possuir interruptor ao lado da cama evita que se ande pelo corredor de entrada do quarto às escuras quando na hora de dormir. O controle da luz na frente da entrada tanto pela garagem quanto pela sala de estar garante ao usuário conforto tanto na entrada quanto saída da residência.

No entanto, obviamente, o número de controles deve ser contido para que não haja excesso de “retornos” nos eletrodutos que ficariam com diâmetros maiores comprometendo a capa de compressão da estrutura e gerando maior custo de aquisição de material. Assim, foi feito um balanceamento entre conforto do usuário e diâmetro de eletrodutos na concepção dos controles.

3.8.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE ILUMINAÇÃO

Embora não se tenha feito um estudo luminotécnico, a iluminação também ultrapassa, na grande maioria dos cômodos com áreas maiores de 6 m², o mínimo estipulado por norma, os pontos foram distribuídos uniformemente pelos cômodos, com exceção da área de pé-direito duplo onde há a concentração da iluminação acima da mesa de jantar e escada, para se buscar maior conforto do usuário.

Também, decidiu-se por colocar cinco pontos de iluminação na sala, pois pressupõe-se que os quatro pontos em volta do ventilador sejam spots de luz que acrescentarão efeito arquitetônico ao local.

Locais cuja permanência seja maior, como quartos e salas, foi indicado o uso de iluminação acoplada a ventiladores.

3.8.6 CONSIDERAÇÕES SOBRE CARGAS ESPECIAIS

São cargas especiais da casa:

- Ponto para ar condicionado nos quartos, de instalação opcional do usuário.
- Pontos no jardim frontal e de fundo para utilização de cortadores de grama (220V).
- Máquina de lavar (220V).
- Geladeira, freezer e lava-louça.
- Boiler de 200l elétrico para aquecimento da água.
- Chuveiro elétrico no banheiro de serviço, em caso de manutenção do sistema de boiler

Uma bomba de ¼ CV de potência (200W) foi considerada junto ao sótão caso se deseje pressurizar o sistema, no entanto, a mesma, por ser de pequena potência foi colocada no circuito de tomada de uso geral da área.

3.8.7 DIMENSIONAMENTO ELÉTRICO

Foram utilizadas as seguintes referências para o dimensionamento (fiação, eletrodutos, proteção, circuitos e padrão de entrada):

- NBR 5444 :1989 - Símbolos gráficos para instalações elétricas prediais
- NBR 5410 :2004 - Instalações elétricas de baixa tensão
- Norma técnica CPFL: Fornecimento em Tensão Secundária de Distribuição
- Catálogo Bella Ducha Lorenzetti
- Catálogo Cortador de Grama Elétrico Enehell
- Catálogo Ar condicionado de parede 7500 Btu/h Consul.
- Catálogo Boiler elétrico Astrosol 200 l.
- Manual Instalações Elétricas Residenciais, Prysmian.

Como única equação foi utilizado:

$$P = U * I$$

Onde,

P é a potência em W;

I a corrente em A;

U a tensão em V.

As demais considerações de dimensionamento são retiradas de tabelas, nelas se encontram discriminados tanto na norma técnica estabelecida pela CPFL quanto no manual da Prysmian, sendo desnecessário repetir a informação contida nos mesmos por não se tratar de cálculo explícito, mas sim consultivo.

Para a divisão do circuito foram seguidas as seguintes premissas:

- Separação de circuitos de força e iluminação, como estipulado pela norma.
- Separação de circuito e quadros por áreas de influência.
Ou seja, todas as tomadas de uso geral de um cômodo devem estar no mesmo circuito; assim como a iluminação (em seu circuito próprio); em caso de se colocar mais de um cômodo no mesmo circuito, estes devem ser cômodos adjacentes ou então de características idênticas (como no caso os cortadores de grama do jardim). Tal critério se justifica tanto pela maior possibilidade de entendimento da distribuição da instalação pelo usuário, facilitando assim sua manutenção, como por acarretar em uma ocupação mínima dos eletrodutos, ao diminuir o número de circuitos em cada trecho.
Pelo mesmo motivo, manteve-se um quadro de luz para o térreo e um para o primeiro pavimento, embora se possa controlar o 1 pavimento, individualmente, do térreo também.
- Separação de circuito para aparelhos cujas cargas sejam individualmente altas (com correntes maiores que 10 A) como chuveiro, boiler, máquina de lavar louça e ar condicionado.
- Minimização do número e circuitos para contenção de custos.

Quanto ao dimensionamento, ressaltar que:

- O dimensionamento de entrada geral e ligação entre térreo e primeiro pavimento foi feito com base nos fatores de demanda contidos no manual Prysmian.
- A divisão de cargas, nos quadros, foi feita de forma a manter balanceamento máximo entre fases de entrada.
- Houve a substituição de eletrodutos de 16 e 20 mm por 25 mm, para se ganhar escala na compra do material, evitar erros de colocação em obra e desperdícios com cortes.
- Houve o uso de dispositivo residual diferencial tanto nos quadros de distribuição quanto em aparelhos de grande carga (ar condicionado, geladeiras, máquina de lavar louça e máquina de lavar). Não foi colocado IDR específico para o boiler e booster, pois a depender da qualidade do fornecimento a constante queda do dispositivo poderia levar a queima dos aparelhos.
- Houve uso de dispositivo contra surto no quadro geral da residência para proteção contra sobretensões na rede.

3.8.8 QUANTITATIVOS E CUSTOS

Os custos foram retirados da loja online Leroy Merlin, C&C e Projelec, no caso de quadro de kit de quadro de entrada, e lojas Taqi, para o poste de concreto.

Não considerando materiais diversos como parafusos, buchas, passa-fio, fita isolante etc. Os quantitativos apresentados não apresentam perdas.

- Estimativa de R\$ 400 reais para caixa de entrada montada 25 mm e disjuntor de 100A com aterramento.
- Poste de concreto de 7 m (CPFL estabelece que quando o poste se encontra a distância de rua do poste de luz local o poste do usuário deve ter ao menos 6 m de altura) em R\$ 570.

Os custos de eletrodutos considerados foram do tipo rígido e quadro de luz de 37/36 posições, visto que a elétrica ocupa respectivamente 26 e 24 posições, e o quadro de

distribuição inferior a este teria no máximo 24 posições, não podendo ser empregado tanto no pavimento térreo quanto não deixando folga para o usuário no segundo pavimento.

Foi estimado o custo de empreitada para a residência de R\$ 4000 para mão de obra.

Tabela 76 - Custo total da elétrica

Custo Térreo (R\$)	5080
Custo 1 Pavimento e Cobertura (R\$)	3657
Custo padrão de entrada (R\$)	970
Custo mão de obra (R\$)	4000
Custo Total (R\$)	13706,8

Tabela 77 - Quantitativo e custos de eletrodutos, fiações, caixas elétricas e pontos

Local	Eletrodutos (m)		Fiação (m)					Cabos (m)		Caixas (no)			Iluminação Soquete s e lâmpadas	Combinações de Espelho																Dimmer	Inte. Camp.
	25 mm	32 mm	2,5 mm	4 mm	6 mm	16 mm	25 mm	Tv	Telefone	4x2	4x4	Hexag.		1 Int. Simp.	1 Int. Paral.	1 Inte. Inter.	1 Tom.	1 Tom. 20A	2 Tom.	3 Tom.	4 Tom.	Tel+Tv	Tel+Tv+ Inter.	1 Int. Simp + 2 Tom.	2 Int. Paral.	2 Int. Paral. + Som Camp.	Inte. Paral.+ Int. Simp.	Inte. Paral.+ Int. Inter.			
Jardim frontal	19,4	17,9		18,7		17,9	71,6	13,2		2																					
Garagem	17,1			79,1						5		2	2		1		1	1							1						
Entrada	8,4			46,6						1		2	2																		
Salas	71,7		105,3	184,5				12,4		11	2	6	6				6				1	2		1	1				1		
Dispensa	11,8		25,0	11,7						2		1	1	1			1														
Banheiro	8,4		5,1	21,6						3		1	1	1			1	1													
Lavabo	14,7		25,9	32,8						2		1	1	1			1														
Serviço	19,6		37,7	55,9	11,9					5		1	1		1			1		1							1				
Cozinha	51,4		84,9	126,4					6,0	10		2	2	2	1	1			3									1			
Jardim de fundo e churrasqueira	40,7		33,2	89,0						9								1	1												
Quarto master	37,9		255,4					7,8	7,8	11		3	3		2	1	2	1	2	1		1							1		
Banheiro master	14,1		45,5							2		1	1	1			1														
Varanda	11,7		34,1							2		2	2	1			1														
Sala TV	45,1		224,7					5,8	2,9	7	1	2	2		2	1	1		3		1		1						1		
Quarto 1	29,9		95,9					6,0	6,0	4	1	1	1					1		1	1	1							1		
Banheiro 1	13,6		59,4							2		1	1	1			1														
Quarto 2	29,3		79,0					6,48	6,48	4	1	1	1					1		1	1	1							1		
Banheiro 2	6,9		24,1							1		1	1	1			1														
Sótão	12,1		47,2		46,5					5							1	1						1							
Quantitativo Térreo	264	18	318	667	12	18	72	26	6	50	2	16	16	5	3	1	10	4	4	1	1	0	2	0	2	1	1	1	1	1	
Quantitativo 1 Pav e Cobertura	201	0	866	0	47	0	0	26	24	38	3	12	12	4	4	2	8	4	5	3	3	3	1	1	0	0	0	0	4	0	
Quantitativo total	465	18	1184	667	59	18	72	52	30	88	5	28	28	9	7	3	18	8	9	4	4	3	3	1	2	1	1	1	5	1	
Preço (R\$/unidade)	2	4	1	2	3	6	9	1	0	2	3	4	13	6	8	15	7	8	16	17	35	32	69	16	15	57	20	20	27	8	
Custo Térreo (R\$)	607	72	350	1201	37	108	648	31	2	100	6	62	208	28	25	15	73	31	64	17	35	0	138	0	29	57	20	20	27	8	
Custo 1 Pav e Cobertura (R\$)	462	0	953	0	146	0	0	31	7	76	10	47	156	22	34	31	59	31	80	50	105	97	69	16	0	0	0	0	106	0	
Custo (R\$)	1070	72	1302	1201	183	108	648	62	9	176	16	109	364	50	59	46	132	62	143	67	140	97	207	16	29	57	20	20	133	8	

Tabela 78 - Quantitativo e custos dos quadros de distribuição

Quadro de distribuição	Disjuntor (no e pólos)										DR (no e polos)			DPS (no)	Posicoes ocupadas QDL	Barr.
	10 A	10 A (2P)	15 A	15 A (2P)	20 A	25 A	25 A (2P)	30 A	40 A (2P)	80 A (2P)	25 A (2P)	40 A (4P)	80 A (4P)			
QDL1: Terreo			3		3	1	1	1		1	3		1		26	2
QDL2: 1 Pavimento	1	3	5	2					1		3	1			24	2
Preço (R\$/unidade)	5,6	29	5,6	52	5,6	5,6	52	9	66	100	135	219	300	107	126	14,6
Custo QDL1 (R\$)	0	0	17	0	17	6	52	9	0	100	405	0	300	0	126	30
Custo QDL2 (R\$)	6	87	28	104	0	0	0	0	66	0	405	219	0	0	126	30
Custo (R\$)	6	87	45	104	17	6	52	9	66	100	810	219	300	0	252	60

3.8.9 MEMORIAL DE CÁLCULO

Tabela 79 - Previsão das cargas

Quadro de Previsão de Cargas										
Dependência	Dimensões		Iluminação			T.U.G				T.U.E
	Área (m²)	Perímetro (m)	Pot. Mínima (VA)	No Pontos	Pot. Utilizada (W)	Pot. Mínima (VA)	No Pontos	Pot. Total (VA)	Aparelho	Potência (W)
Sala de Estar	21,3	13,8	280	5	700	300	6	600	Ventilador	130
Sala de Jantar	21,3	13,8	280	2	400	300	3	300		
Dispensa	4,5	9,0	100	1	100	200	1	100		
Lavabo	2,0	5,7	100	1	100	600	1	600		
Banheiro de Serviço	2,8	6,9	100	1	100	600	1	600	Chuveiro	5500
Área de Serviço	6,3	10,2	100	1	200	1800	3	1800	Maq. Lavar	1000
Cozinha	16,9	16,5	220	2	400	2000	7	2200	Geladeira	600
									Freezer	1000
									Maq. Louça	2000
Churrasqueira	15,2	5,1	220	3	400	200	2	200	Cortador de Grama	1100
Jardim Frontal				5	500					
Jardim Fundo				4	400					
Jardim Lateral				2	200					
Garagem	25,2	15,0	340	2	400	100	1	100	Cortador de Grama	1100
Sala de TV	25,1	17,9	340	4	500	400	11	1100	Ventilador	130
Suíte Master	18,8	19,8	280	3	500	400	9	900	Ar Condicionado	1300
									Ventilador	130
Banheiro Master	5,0	9,3	100	1	100	600	1	600		
Quarto 1	11,3	13,5	160	1	300	300	7	700	Ar Condicionado	1300
									Ventilador	130
Banheiro 1	3,2	7,5	100	1	100	600	1	600		
Quarto 2	11,3	13,5	160	1	300	300	7	700	Ar Condicionado	1300
									Ventilador	130
Banheiro 2	3,2	7,5	100	1	100	600	1	600		
Varanda	5,9	10,2	100	1	200	100	1	100		
Caixa d'Água	59,4	38,4		2	200	100	1	100	Boiler Elétrico	3000
									Booster 1/4 cv	200

Tabela 80 - Dimensionamento dos Circuitos

Dimensionamento dos Circuitos															
Quadro	Circuito	Descrição	Tipo	Tensão (V)	Carga (W)	Corrente (A)	Proteção	Polos	Disjuntor (A)	IDR (A)	N Circuitos Agrupados	Seção Calculada (mm²)	Seção Mínima (mm²)	Seção usada (mm²)	Seção Proteção (mm²)
QDL Térreo	1	Iluminação cozinha, banheiro, serviço, jardim lateral, churrasqueira	Iluminação	127	1300	10,2	DTM	1	15		4	2,5	1,5	2,5	2,5
	2	Iluminação jardim frente, garagem, sala, dispensa, lavabo, sala de jantar e jardim de fundo	Iluminação	127	2730	21,5	DTM	1	25		2	4,0	1,5	4,0	4,0
	3	Tomadas garagem, sala de estar, dispensa, lavabo, sala de jantar	Força	127	1600	12,6	DTM	1	15		2	2,5	1,5	2,5	2,5
	4	Tomada área de serviço e banheiro	Força	127	2400	18,9	DTM	2	20		4	4,0	2,5	4,0	4,0
	5	Chuveiro	Força:TUE	220	5500	25,0	DTM +IDR	2+2	30	40	1	4,0	2,5	4,0	4,0
	6	Maq lavar+ Cortadores de Grama	Força:TUE	220	3200	14,5	DTM +IDR	2+2	15	25	4	2,5	4,0	4,0	4,0
	7	Tomadas Cozinha e Churrasqueira	Força	127	2400	18,9	DTM	1	20		4	4,0	2,5	4,0	4,0
	8	Tomadas Geladeira+Freezer	Força: TUE	127	1600	12,6	DTM +IDR	2+2	15	25	2	1,5	2,5	2,5	2,5
	9	Tomadas Maq Louça	Força: TUE	127	2000	15,7	DTM +IDR	2+2	25	25	2	4	2,5	4	4
QDL 1 Pav	1	AC Q1	Força:TUE	220	1300	5,9	DTM +IDR	2+2	10	25	2	1,5	2,5	2,5	2,5
	2	AC Q2	Força:TUE	220	1300	5,9	DTM +IDR	2+2	15	25	1	1,5	2,5	2,5	2,5
	3	AC Q3	Força:TUE	220	1300	5,9	DTM +IDR	2+2	10	25	3	1,5	2,5	2,5	2,5
	4	Luzes e ventiladores Sala, Varanda e Quarto Master	Iluminação	127	1300	10,2	DTM	1	15		2	2,5	1,5	2,5	2,5
	5	Tomadas Q1	Força	127	1500	11,8	DTM	1	15		2	2,5	2,5	2,5	2,5
	6	Tomadas Q2	Força	127	1300	10,2	DTM	1	15		2	2,5	2,5	2,5	2,5
	7	Tomadas Q3	Força	127	1300	10,2	DTM	1	15		2	2,5	2,5	2,5	2,5
	8	Tomadas sala e sótão	Força	127	1400	11,0	DTM	1	15		2	2,5	2,5	2,5	2,5
	9	Boiler	Força:TUE	220	3000	13,6	DTM	2	15		3	2,5	6,0	6,0	6,0
	10	Luzes e ventiladores demais quartos, sótão	Iluminação	127	1000	7,9	DTM	1	10		3	1,5	1,5	2,5	2,5

Tabela 81 Dimensionamento de Entradas/ Ligações entre QDL

Dimensionamento condutores de entrada e ligação entre QDL													
Local	Iluminação e T.U.G.		T.U.E			Potência Corrigida (W)	div 0.95	Tensão (V)	Corrente (A)	Seção (mm²)	Disjuntor (A)	DR (A)	Seção Proteção (mm²)
	Potência (W)	Fator Dem.	Potência (W)	N circuitos TUE	Fator Dem.								
QDL2 1 Pav	8420	0,31	6900	4	0,76	7854	8268	220	37,6	6	40	40	6
QDL1 Geral: Térreo+1Pav	18950	0,24	19200	8	0,57	15492	16307	220	74,1	25	80	80	16

Tabela 82 Potência Instalada

Potência Instalada		
	Iluminação + TUG (kVA)	TUES (kVA)
Potência	19,0	19,2
Fator de Potência	1	1
Fator de Demanda	0,24	1
TOTAL	4,5	19,2
Potência instalada total (kW)		23,75
FORNECIMENTO BIFÁSICO B2		

3.8.10 CONCLUSÃO

Em termos de interação com outros projetos, o uso de laje painel se apresentou boa escolha construtiva do ponto de vista do projeto elétrico, pois proporcionou aos eletrodutos um traçado mais natural que a alternativa de vigotas treliçadas, assim tal escolha gerou economia e facilidade construtiva. Do ponto de vista de resíduos gerados pela confecção da instalação, a alvenaria estrutural também veio a contribuir já que a elétrica se apresenta embutida nos furos de blocos, isto também proporciona um melhor controle de locação elétrica dentro da obra sendo uma vantagem para o usuário quando se pensa na manutenção e modificação do sistema que ele venha a realizar. Cabe notar que a escolha do não embutimento da hidráulica gerou, também, flexibilização na escolha de pontos a serem disponibilizados para concepção elétrica.

Do ponto de vista do “ato de projetar”, o projeto de elétrica proporcionou um aprendizado total dentro da disciplina, uma vez que, em graduação, este conhecimento não é apresentado aos alunos. Houve grande aprendizado sobre concepção seja pelo dimensionamento de demandas, potências, entendimento da lógica de distribuição de circuitos, ligações de sistemas simples, intermediários, paralelos e confecção de quadros de distribuição .

O dimensionamento, em si, do diâmetro da elétrica, no entanto, não apresentou o aprendizado esperado visto que a utilização do Manual Prysmian é nada mais que uma simplificação e superdimensionamento baseado na norma de baixas tensões, ou seja, é um processo de dimensionamento baseado muito mais em consulta à tabela de fornecedores que entendimento de critérios de dimensionamento do sistema elétrico. Embora se esperasse um maior aprendizado dentro das teorias necessárias para o dimensionamento, o uso do manual Prysmian foi feito com base na escolha de se ganhar tempo a ser dedicado para uma melhor concepção geral do projeto, com foco no usuário, e otimização de passagem e lógica de circuitos, assim, pensasse que, com maior tempo hábil poderia ter sido possível chegar a um projeto realmente otimizado.

No entanto, o maior tempo para a concepção se apresentou necessário, pois o projeto gerou necessidade de diversas revisões uma vez que a limitação de ligações

proporcionadas pelas caixas embutidas nas lajes, conjuntamente com a necessidade de se manter um número de circuitos compatível com uma residência unifamiliar e orçamento esperado geraram grande dificuldade em se manter o projeto “enxuto”, mas confortável ao usuário ao mesmo tempo.

Por fim, a própria existência do projeto de elétrica em muito veio a contribuir para o controle e segurança da instalação na residência, que se empregada a cultura cotidiana seria resolvida pelo próprio instalador, com poucas discussões sobre alocação de pontos e periculosidade de subdimensionamentos.

Conclui-se que apesar das autocríticas apresentadas ao projeto, a própria existência do projeto e apenas o fato de existir um aprendizado de concepção e estruturação de como se dá a elétrica em uma residência, como dito, conhecimento inexistente anteriormente, já gera atendimento à objetivos do presente trabalho.

3.9 ORÇAMENTO

Para confecção da (REFERENCIA TABELA) foi considerado custos divulgados através da tabela SINAPI disponibilizada pela Caixa Econômica Federal e Ecolar.

São alguns valores, não especificados dentro de projetos próprios apresentados anteriormente:

- Aquecedor solar completo ecolar com painel solar de 2 m² e reservatório 200l em R\$ 2500,00.
- Grama batatais a R\$6,56/m².
- Limpeza de obra a R\$ 1,63/m².
- Miscelâneas à R\$ 4000,00 onde se considera: compra de materiais como parafusos, prego etc.; coleta e direcionamento de entulho; taxas de aprovação junto à prefeitura.
- O custo de projeto a ser considerado está em 3% do valor total de obra, valor médio consultado junto à profissionais do mercado.
- No item BDI estão considerados custos indiretos, como encargos, incertezas, administração, risco, custo do capital financeiro entre outros. Para esse calculo foi considerado 25% do valor total (TISAKA).

Foi considerada uma margem de 3% sobre o preço total da residência para fins de perdas de materiais e custos não considerados.

Tabela 83 - Físico financeiro da residência

Fase	Descrição	Tempo (semanas)	Custos			Semanas corridas																																				
			Custo total (R\$)	Custo com margem 2% (R\$)	% Custo Total	1 trimestre												2 trimestre												3 trimestre												
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
Instalações provisórias	Tapume e barracão	1	R\$ 2.848,04	R\$ 2.905,00	1,0	X																																				
	Elétrica	1	R\$ 1.170,00	R\$ 1.193,40	0,4	X																																				
	Hidráulica	1	R\$ 1.589,30	R\$ 1.621,09	0,6	X																																				
	Limpeza do terreno	2	R\$ 792,00	R\$ 807,84	0,3	X	X																																			
	Locação da obra	2	R\$ 2.193,00	R\$ 2.236,86	0,8		X	X																																		
Preparação do nível (0 - 1,2m)	Abertura de valas	2	R\$ 5.878,70	R\$ 5.996,27	2,1				X	X																																
	Confeção de sapatas e impermeabilização	2	R\$ 11.962,85	R\$ 12.202,11	4,2					X	X																															
	Confeção de alvenaria de fundação, arrimos e impermeabilização	2	R\$ 14.521,31	R\$ 14.811,74	5,1						X	X																														
	Confeção da laje térrea e calçadas	3	R\$ 7.710,22	R\$ 7.864,43	2,7							X	X	X																												
Elevação da alvenaria (1,2 - 4,2m)	Elevação da alvenaria, vergas, instalações embutidas	3	R\$ 11.427,64	R\$ 11.656,19	4,0								X	X	X																											
Preparação do nível base (4,2m)	Montagem de formas e escoramentos	2	R\$ 2.951,02	R\$ 3.010,04	1,0									X	X																											
	Montagem de painel de laje e instalações	2	R\$ 3.886,41	R\$ 3.964,14	1,4										X	X																										
	Armação de cintas, lajes e vigas	2	R\$ 4.230,90	R\$ 4.315,52	1,5											X	X																									
	Montagem de escada pré-moldada	1	R\$ 5.700,00	R\$ 5.814,00	2,0											X																										
	Concretagem de lajes, cintas e vigas	1	R\$ 3.446,04	R\$ 3.514,96	1,2											X																										
Elevação da alvenaria (4,2 - 7,2m)	Elevação da alvenaria, vergas, instalações embutidas	3	R\$ 12.254,55	R\$ 12.499,64	4,3											X	X	X																								
Preparação do nível base (7,2m)	Montagem de formas e escoramentos	2	R\$ 2.525,37	R\$ 2.575,87	0,9												X	X																								
	Montagem de painel de laje e instalações	2	R\$ 3.882,55	R\$ 3.960,20	1,4													X	X																							
	Armação de cintas, lajes e vigas	2	R\$ 3.514,43	R\$ 3.584,72	1,2													X	X																							
	Concretagem de lajes, cintas e vigas	1	R\$ 3.134,53	R\$ 3.197,22	1,1														X																							
Elevação da alvenaria (7,2m - oitões de cobertura)	Elevação da alvenaria, vergas, instalações embutidas	3	R\$ 3.924,64	R\$ 4.003,13	1,4													X	X	X																						
	Confeção dos oitões de alvenaria	1	R\$ 948,60	R\$ 967,57	0,3														X																							
Acabamento externo (interferência com cobertura)	Pintura tesaurizada	2	R\$ 629,93	R\$ 642,53	0,2															X	X																					
Caixa d'água	Posicionamento	1	R\$ 319,80	R\$ 326,20	0,1																X																					
Cobertura	Montagem da estrutura de madeira	3	R\$ 21.251,40	R\$ 21.676,43	7,4																					X	X	X														
	Telhamento e rufos	2	R\$ 12.675,80	R\$ 12.929,32	4,4																							X	X													
	Instalação de painel solar	1	R\$ 2.500,00	R\$ 2.550,00	0,9																																				X	
Instalações elétricas	Enfição	5	R\$ 5.514,00	R\$ 5.624,28	1,9													X	X					X	X					X												
	Confeção de quadros de luz	2	R\$ 4.133,00	R\$ 4.215,66	1,4														X					X																		
Instalação hidráulicas	Boiler e aquecimento	1	R\$ 2.800,00	R\$ 2.856,00	1,0																																					
	Tubulação e conexões	5	R\$ 4.668,16	R\$ 4.761,53	1,6				X																																	
Acabamento interno	Instalação de esquadrias	3	R\$ 19.511,64	R\$ 19.901,87	6,8																																					X
	Impermeabilização	1	R\$ 468,27	R\$ 477,64	0,2																																					
	Confeção de contrapiso	3	R\$ 4.312,92	R\$ 4.399,18	1,5																							X														
	Assentamento do revestimento de piso	3	R\$ 31.256,12	R\$ 31.881,24	10,9																																					
	Revestimento de parede	3	R\$ 25.674,79	R\$ 26.188,29	9,0																																					
	Colocação de forro e acabamentos de teto	3	R\$ 7.421,77	R\$ 7.570,21	2,6																																					
Acabamento externo	Pintura tesaurizada	3	R\$ 5.669,40	R\$ 5.782,78	2,0																																					
Finalização de obra	Colocação de espelhos, soquetes e parapeitos	2	R\$ 2.696,91	R\$ 2.750,85	0,9																																				X	X
	Colocação de bancadas, louças e Box	2	R\$ 10.539,97	R\$ 10.750,77	3,7																																				X	X
	Paisagismo	3	R\$ 695,36	R\$ 709,27	0,2																																			X	X	
	Limpeza de obra	2	R\$ 378,16	R\$ 385,72	0,1																																			X	X	
	Miscelâneas	36	R\$ 4.000,00	R\$ 4.080,00	1,4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Projetos		NA	R\$ 8.400,00	R\$ 8.568,00	2,9	X																																				
Sub Total		36	R\$ 286.009,50	R\$ 291.729,69	100,0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
BDI (Benefícios e despesas indiretas)		36	R\$ 71.502,38	R\$ 72.932,42	NA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Total		36	R\$ 357.511,88	R\$ 364.662,12	NA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

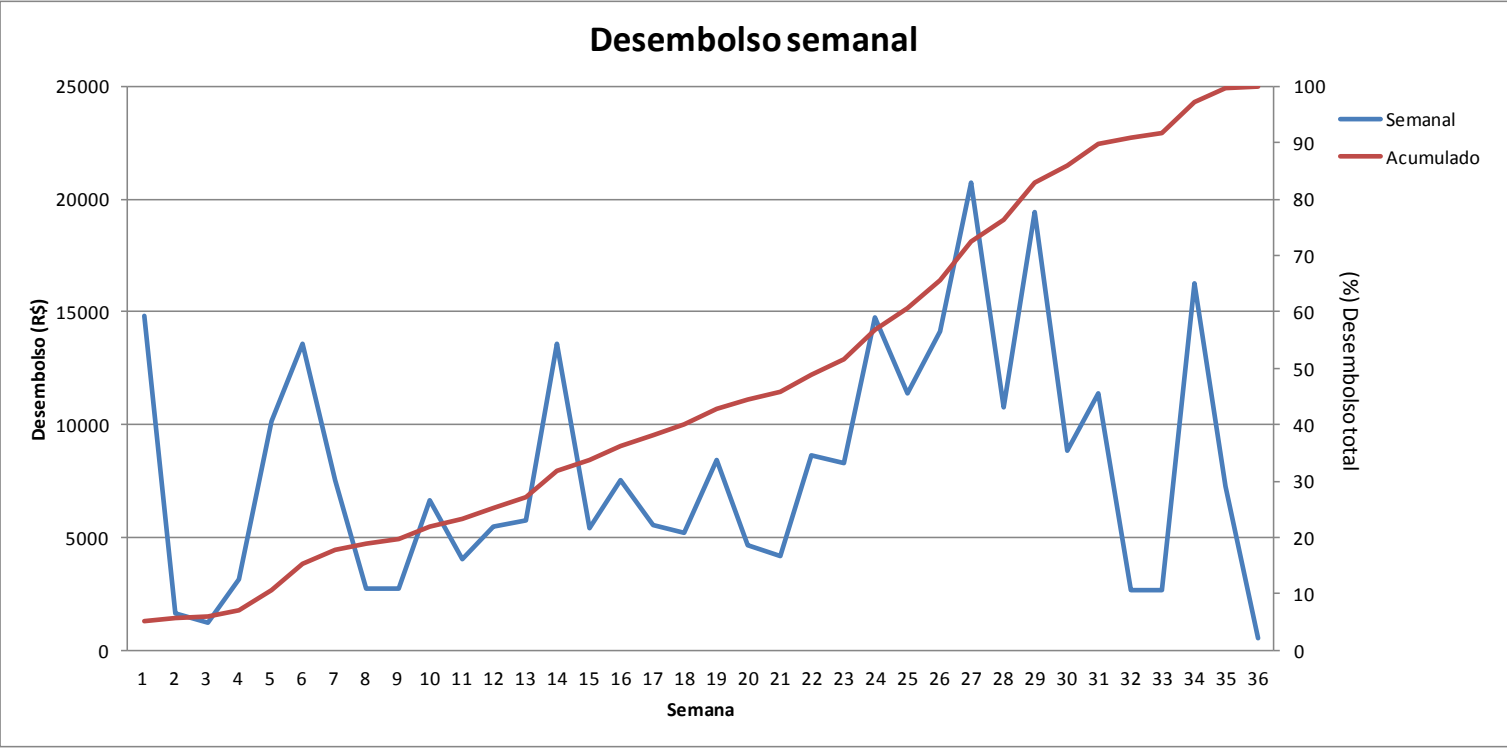


Gráfico 1 - Desembolso semanal

Tabela 84 - Dados de desembolso semanal

Desembolso	Semanas																																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
Semanal	R\$ 16.830,64	R\$ 3.661,58	R\$ 1.257,66	R\$ 5.137,17	R\$ 12.180,73	R\$ 15.646,16	R\$ 8.545,10	R\$ 4.760,71	R\$ 4.760,71	R\$ 8.646,11	R\$ 6.024,61	R\$ 7.529,63	R\$ 7.784,08	R\$ 15.608,02	R\$ 7.480,64	R\$ 9.538,47	R\$ 7.081,72	R\$ 7.189,63	R\$ 10.441,29	R\$ 6.706,30	R\$ 6.211,50	R\$ 10.618,23	R\$ 10.317,02	R\$ 16.781,62	R\$ 11.527,82	R\$ 16.148,04	R\$ 22.794,26	R\$ 12.768,11	R\$ 21.495,74	R\$ 10.898,66	R\$ 11.872,06	R\$ 4.662,64	R\$ 4.662,64	R\$ 18.316,42	R\$ 9.319,41	R\$ -2.968,52
Acumulado	R\$ 16.830,64	R\$ 20.492,22	R\$ 21.749,89	R\$ 26.887,06	R\$ 41.077,99	R\$ 56.724,14	R\$ 65.269,25	R\$ 71.029,96	R\$ 75.790,67	R\$ 84.436,77	R\$ 90.461,41	R\$ 97.991,04	R\$ 105.775,14	R\$ 121.383,16	R\$ 128.813,80	R\$ 138.352,27	R\$ 145.945,99	R\$ 153.145,62	R\$ 163.586,91	R\$ 170.293,21	R\$ 176.999,51	R\$ 187.146,09	R\$ 197.464,09	R\$ 214.255,61	R\$ 227.679,50	R\$ 243.821,33	R\$ 266.615,59	R\$ 279.382,11	R\$ 300.877,88	R\$ 311.786,51	R\$ 325.138,59	R\$ 329.801,21	R\$ 334.463,85	R\$ 352.779,27	R\$ 364.662,12	
Acumulado %	4,62	5,62	6,51	7,92	11,26	15,36	18,17	19,48	20,78	23,15	24,81	26,87	29,01	31,29	35,32	37,94	40,02	42,00	44,86	46,70	48,40	51,32	54,15	58,75	62,43	66,86	71,11	76,61	82,51	85,49	89,16	90,44	91,72	96,74	99,90	100,00

4 CONCLUSÃO

De maneira geral, o produto final obtido nessa segunda iteração melhorou muito em comparação ao estudo preliminar apresentado no ante-projeto (primeiro semestre).

Atribui-se essas melhoras primeiramente à melhora na comunicação e sinergia do grupo. Nessa etapa, os projetos foram feitos de forma totalmente independente e um mesmo projetista foi responsável por um projeto do começo ao fim. Dúvidas, sugestões ou interferências entre os projetos foram discutidas e resolvidas em conjuntos, porém apenas implementadas pela pessoa responsável.

Houve um aprendizado entre as duas versões do projeto que diminuíram problemas com revisões, como funcionalidades do AutoCAD que mantêm uma referência atualizada em todos os arquivos, evitando ruídos de um projeto para o outro mesmo que seja necessário fazer alguma alteração em projetos anteriores. Dessa forma também foram diminuídos o volume de retrabalho e problemas de comunicação.

Por outro lado, a divisão dos projetos acabou por gerar grande diferença de linguagem (peso de linhas, hachuras, fontes) entre os projetos. Falha que pode ser corrigida criando um grupo de camadas (Layers) para todos os projetos e utilizado por todos os projetistas.

Quanto às alterações do projeto em si, a mudança no sistema estrutural proporcionou maior aprendizado. Não apenas devido à elaboração de dois projetos completamente diferentes, mas também devido à maior atenção dada as interferências entre diferentes subsistemas. A alvenaria estrutural, sendo um método racionalizado, necessita um maior cuidado nas interferências, pois caso essas não sejam tratadas, causará retrabalhos, o que não é compatível com a racionalização.

Constatou-se que o desenvolvimento da segunda etapa foi mais rápido (pode-se observar pelo nível de detalhe alcançado ser superior ao da etapa anterior em um mesmo período de tempo). Atribuiu-se essa maior agilidade a: maior familiaridade com os softwares; maior conhecimento agregado da primeira etapa sobre subsistemas, por exemplo elétrica; melhor comunicação entre os membros da equipe e maior organização dos projetos e tarefas.

Dado o maior grau de detalhamento atingido, surgiram diversas novas dúvidas e dificuldades, o que gerou ainda mais aprendizado.

Considerando a mudança do método construtivo como solução, houve vantagem do ponto de vista de racionalização e planejamento da obra visto que a

modulação ficou mais explícita e pode-se perceber sua real importância (maior produtividade, maior controle de insumo). Outra vantagem da mudança do sistema estrutural foi a prática eliminação de tubulações embutidas, gerando menos resíduos, menor interação entre pedreiro e encanador e principalmente maior facilidade de manutenção do sistema pelo usuário. Porém, do ponto de vista do cliente, esse não é um método com o qual ele se sente totalmente confortável e pode ter dificuldades de encontrar a mão de obra adequada.

Outra mudança considerável foi a utilização de laje tipo painel no lugar de vigotas treliçadas. Essa escolha resultou em uma facilidade na execução do projeto e da própria laje.

Grande parte dos erros cometidos no ante-projeto não foram repetidos nesse desenvolvimento final de projeto e foram obtidas muitas melhoras em todos os sub-projetos. Porém, novamente o relatório foi pouco priorizado em relação a atividade de projeto, e por essa razão o planejamento de obra acabou aquém das expectativas.

Por fim, acredita-se que o objetivo de produzir um projeto de residência unifamiliar de médio padrão foi alcançado. Sabe-se que muitos pontos poderiam ser melhor elaborados, porém o resultado final deve ser suficiente para uma obra de qualidade, com pouco desperdício e decisões a serem tomadas.

5 BIBLIOGRAFIA

ACACIA MADEIRAS. Disponível em: <http://www.acaciamadeiras.com.br/>

ALUMIFIT: Catálogo de produtos. Maio 2012, 20 p.

ALUMIFORT: Catálogo de produtos. Maio 2012, 32 p.

ALUMINIUM: Catálogo de produtos. Maio 2012, 36 p.

AMANCO. Manual de Instalação: Caixas d'Água. Fevereiro 2012, 12p.

ANTAO, S. Símbolos pontos elétricos. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR13531: Elaboração de projetos de edificações – atividades técnicas . Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR13532: Elaboração de projetos de edificações – arquitetura . Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR14653-1: Avaliação de bens: Parte 1 – procedimentos gerais. Rio de Janeiro, 2001

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR14653-2: Avaliação de bens: Parte 2 – imóveis urbanos. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR15270-3: Componentes cerâmicos: parte 3 – blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação: métodos de ensaio . Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR5410: Instalações elétricas de baixa tensão . Rio de Janeiro, 1997

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR5626: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR6118: Projetos de estruturas de concreto: Procedimento. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR6120: cargas para cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR7190: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR7198: Projeto e Execução de Instalações Prediais de Água Quente, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR8039: Projeto e execução de telhados com telhas cerâmicas tipo francesa. Rio de Janeiro, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR8160: Sistemas prediais de esgoto sanitário: Projeto e execução. Rio de Janeiro, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10844: Instalações Prediais de Águas Pluviais. 1989.

BARBOZA, M. R. e BASTOS, P. S. Traços de concreto para obras de pequeno porte. São Paulo, 8 p.

BASTOS, P. S. S. Pilares de Concreto Armado. Bauru, 2005

CAMARGO F, URSO C, VIEGAS C, UEMURA D, LIMA E. Competitividade Sustentável na Cadeira da Construção. In: Deconcic, Fiesp. Construbusiness 2012: Proceedings of the 10º Congresso Brasileiro de Construção. 2012 Dez 3; São Paulo, Brasil.

CARDOSO, F. F. Cobertura em telhados: Notas de aula. São Paulo, 2000.

CARDOSO, Leonardo Chamone. Dimensionamento e instalação de Aquecedor Solar. Revista Techne. Edição 136, Julho 2008.

C&C. Disponível em: <http://www.cec.com.br/>

CÓDIGO de obras do município de Ribeirão Preto. Disponível em <<http://www.ribeiraopreto.sp.gov.br/principaln.php?pagina=/leis/pesquisa/ver.php?id=25704>>. Março 2013

CONDOMÍNIO Alto do Bonfim: Regulamento interno. Bonfim Paulista, 8 p.

CONVENÇÃO de condomínio. Ribeirão Preto, 2006, 27p.

DELLA BELLA, J. C. Notas de aula: Estruturas de Concreto I. São Paulo, 2005.

FORTLEV. Manual Técnico Fortlev – Soluções fortlev para cuidar da água, (2012)

GUIA da construção. Disponível em: <http://guiadaconstrucao.pini.com.br/>

HABITE-SE. Disponível em <<http://www.ribeiraopreto.sp.gov.br/splan/daaprojetos/casapropria/i28habitese.php>>. Março 2013.

HOMEKO. Manual do Usuário – Aquecedor Solar. (s/d)

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Informações sobre madeiras. Disponível em: http://www.ipt.br/consultas_online

KALIL, Silvia Maria Baptista (PUC-RS). Alvenaria Estrutural.

LAJE GUERRA. Disponível em: <http://www.lajeguerra.com.br/lajes-trelicada/categoria/Produtos/>

- LEROY MERLIN. Disponível em: <http://www.leroymerlin.com.br/regions/create>
- LEICA GEOSYSTEMS AG. Leica TPS400 Series: Manual do usuário. v.4. Suíça, 2006.
- MADAVEL. Disponível em: <http://www.madevel.com/>
- MELHADO, S. B. Qualidade do projeto na construção civil: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção. 1994. 310 p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1994.
- MELHADO, S. B. e AGOPYAN, V. O conceito de projetos na construção de edifícios: diretrizes para sua elaboração e controle. Boletim técnico, Escola Politécnica, 22p., São Paulo, 1995.
- MELHADO, S. B. Gestão, cooperação e integração para um novo modelo voltado à qualidade do processo de projeto na construção de edifícios. 2001. 254 p. Tese (Livre Docência em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- MELHADO, Silvio. PCC2535: Notas de aula. EPUSP 2013
- MELHADO, Silvio. PCC2530: Notas de aula. EPUSP 2013
- MEYER, R. F. T. Mãos à obra. São Paulo. 32 p.
- NORMA TÉCNICA SABESP. NTS 181 – Dimensionamento de Ramal Predial e Hidrômetro. 2012
- NORMA TÉCNICA SABESP. NTS 165 – Instalação da Unidade de medição de Água – UMA – rev.03. 2012
- NIKON. Teodolito Digital Eletrônico NE-101/NE-100: Manual de instruções.
- OLIVEIRA, L. D. Procedimento de execução de serviços: Executar fundação baldrame. 2012.
- PARCELAMENTO, uso e ocupação do solo no município de Ribeirão Preto. Disponível em <http://www.ribeiraopreto.sp.gov.br/leis/pesquisa/imprimir.php?id=21377>. Março 2013.
- PARSEKIAN, GA. Parâmetros de Projeto de Alvenaria Estrutural com Blocos de Concreto. 2012.
- PLANO diretor do município. Disponível em <http://www.ribeiraopreto.sp.gov.br/splan/planod/i28planod.php>. Março 2013.
- SABBATINI, F. H. e MERCIA, M. S. B. PPE de estruturas e vedações de edificações de pequeno porte. São Paulo, 2013. [Apresentação da aula 10 do curso de PCC2535: A produção de edifícios de pequeno porte – Faculdade de engenharia Civil da USP].

SABBATINI, F. H. e MERCIA, M. S. B. Projeto e planejamento da produção de edifícios de pequeno porte. São Paulo, 2013. [Apresentação da aula 5 do curso de PCC2535: A produção de edifícios de pequeno porte – Faculdade de engenharia Civil da USP].

SINAPI – Indices da Construção Civil. Disponível em: http://www1.caixa.gov.br/gov/gov_social/municipal/programa_des_urbano/SINAPI/index.asp

TÉCNICAS de construção civil e construção de edifícios: Anotações de aula.

THOMAZ, E.; MITIDIERI, C. V.; CLETO, F. R.; CARDOSO, F. F. Alvenaria de vedação em blocos cerâmicos. São Paulo, 2009, 72 p.

TIGRE. Catálogo técnico – Predial água fria, 2008

TIGRE. Ficha técnica: Aquapluv. 8 p.

TIGRE. Predial água fria: Catálogo técnico. Joinville, fevereiro 2008, 72p.

TISAKA, Maçahico. Orçamento na construção civil. Consultoria, projeto e execução. São Paulo: Pini, 2006.

TOP TELHA. Disponível em <http://www.toptelha.com.br/>.

ZUQUETTE, L. V. ; ELIS, V. R. . Estudos geológicos-geotécnicos em área de disposição de resíduos sólidos urbanos - cidade de Ribeirão Preto (Brasil). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOTECNIA AMBIENTAL, 1998, SÃO PAULO-SP. CD ROM. SÃO PAULO-SP : ABMS, 1998. p. 10.