

**JUN FUJISAKI UTSUNOMIYA  
LAWSON DAIKI HAMASAKI  
LUCAS COSCIA ROMAGNOLI  
MURILO SASAKI DE PAULA E SILVA**

**ESTUDOS E PROJETOS DE CONSTRUÇÃO DE UMA  
RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR**

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

São Paulo  
2012

**JUN FUJISAKI UTSUNOMIYA  
LAWSON DAIKI HAMASAKI  
LUCAS COSCIA ROMAGNOLI  
MURILO SASAKI DE PAULA E SILVA**

**ESTUDOS E PROJETOS DE CONSTRUÇÃO DE UMA  
RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR**

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

Orientador: Profa. Dra. Mercia Maria  
Semensato Bottura de Barros

São Paulo  
2012

## FICHA CATALOGRÁFICA

**Utsunomiya, Jun Fujisaki**

**Estudos e projetos da construção de uma residência unifamiliar / J.F. Utsunomiya, L.D. Hamasaki, L.C. Romagnoli, M.S.P. e Silva. -- São Paulo, 2012.**

**191 p.**

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

**1. Edifícios residenciais 2. Residência domiciliar 3. Projeto de arquitetura I. Hamasaki, Lawson Daiki II. Romagnoli, Lucas Coscia III. Silva, Murilo Sasaki de Paula e IV. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil V .t.**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos a todos que contribuíram para nossa formação ao longo dos anos vividos no curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica e, com isso, tornaram possível a realização deste trabalho. Além de todos os docentes e funcionários da USP, que nos acompanharam durante nossa vida universitária, gostaríamos de agradecer especialmente a algumas pessoas que participaram diretamente da elaboração deste trabalho:

À Professora Mércia Maria Semensato Bottura de Barros que desde o início do nosso planejamento para a execução do Trabalho de Formatura aceitou o convite para ser nossa orientadora. Desde então nos guiou com paciência e comprometimento.

À Senhora Fifi Widjaja Ang, que nos permitiu acesso ao terreno para que a partir dele pudéssemos desenvolver os trabalhos de campo e os projetos.

Aos arquitetos Vera Lucia Yoshico Fujisaki e Jorge Utsunomiya, que nos auxiliaram durante o desenvolvimento do projeto de arquitetura da casa.

À Professora Heloisa Helena Silva Goncalves, que nos permitiu o uso do Laboratório de Solos da POLI.

Ao Professor Edvaldo Simões da Fonseca Junior, que nos permitiu o uso dos equipamentos necessários para fazer o levantamento topográfico do terreno.

A Professora Brenda Leite, que nos instruiu quanto à elaboração dos processos executivos de sistemas de ar-condicionado.

Ao auxiliar técnico Arildo Fernandes de Moraes, por nos orientar quanto ao uso dos equipamentos de levantamento topográfico do terreno.

## RESUMO

O déficit habitacional de 5,8 milhões de famílias e o próspero momento econômico brasileiro proporcionam grande potencial de crescimento imobiliário. Sendo assim, a produção de residências unifamiliares torna-se uma profícua área de atuação do engenheiro civil.

Diante desse cenário, o presente trabalho tem por objetivo o desenvolvimento dos projetos e do planejamento físico e financeiro necessários à construção de uma habitação unifamiliar..

Todos os estudos foram baseados em um terreno existente. Além disso, visou-se satisfazer as necessidades e exigências da proprietária do terreno, seguindo a legislação local. Para se aproximar de uma experiência profissional, o grupo se portará como uma empresa e a proprietária do terreno será tratada como uma cliente.

O grupo concebeu uma casa com boa funcionalidade, propiciando uma boa qualidade de vida para seus moradores. Com isso, foi adquirido experiência e conhecimento para prática profissional na construção de residências.

Palavras-chave: residência unifamiliar, empreendimento de pequeno porte, construção de casas

## ABSTRACT

The housing deficit of 5.8 million families and prosperous economic moment Brazil, offer great potential for real estate growth. Thus, the production of single-family homes becomes a fruitful field of civil engineering.

Against this backdrop, this paper aims graduation project development and financial and physical planning needed to build a single family.

All studies were based on an existing terrain. Furthermore, the aim was to meet the needs and requirements of the owner of the land, according to local legislation. To approach a professional experience, the group will behave as a company and the owner of the land will be treated as a customer.

The group designed a house with good functionality, providing a good quality of life for its residents. With this, was acquired experience and knowledge to professional practice in residential construction.

Keywords: single-family residence, small enterprise, home construction

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Distribuição das zonas do município de Mogi das Cruzes (Fonte: www.mogidascruzes.sp.gov.br).....	20
Figura 2: Mapa de zoneamento loca (Fonte: www.mogidascruzes.sp.gov.br). ....	21
Figura 3: Ilustração da locação de pontos pela técnica da irradiação múltipla. (Fonte: pt.scribd.com/doc/6358602) .....	25
Figura 4: Croqui dos pontos de irradiação E1 e E2.....	26
Figura 5: Ângulo em relação ao norte geográfico.....	26
Figura 6: Vista interna a partir da frente para o fundo. ....	27
Figura 7: Vista interna a partir do fundo para frente, no ponto mais alto. ....	28
Figura 8: Vista de construção existente no fundo do terreno. ....	28
Figura 9: Escavação com auxílio de ferramenta manual.....	30
Figura 10: Medição da profundidade do poço com auxílio de trena. ....	30
Figura 11: Gráfico de Granulometria. ....	31
Figura 12: Ábaco de Casagrande.....	33
Figura 13 - Localização do terreno visitado (Fonte: Google Earth). ....	34
Figura 14: Imagem de satélite da região, terreno objeto de estudo destacado (Fonte: Google Earth). ....	38
Figura 15: Vista geral do terreno. ....	38
Figura 16: Canil presente no terreno. ....	39
Figura 17: Poço desativado presente no fundo do terreno. ....	39
Figura 18: Arquitetura Projeto “A” - primeiro andar. ....	42
Figura 19: Arquitetura Projeto “A” - segundo andar e área externa.....	43
Figura 20: Arquitetura Projeto “A” - terceiro andar. ....	44
Figura 21: Arquitetura do segundo andar e área externa: inclusão de rampa de acesso no lado leste do terreno. ....	45
Figura 22: Ilustração de corte longitudinal do terreno.....	46
Figura 23: Sólido representando o terreno natural. ....	47
Figura 24: Sólido representando a situação futura.....	47
Figura 25: Volume de corte e aterro. ....	48
Figura 26: Detalhe do bloco estrutural utilizado. ....	50
Figura 27: Detalhe da laje treliçada escolhida. ....	51
Figura 28: Lajes com carga de alvenaria no primeiro pavimento. ....	55
Figura 29: Lajes com carga de alvenaria no segundo pavimento. ....	56
Figura 30: Modelagem das lajes, medidas em milímetros.....	57
Figura 31: Carregamentos distribuídos. ....	58
Figura 32: Cargas nodais de alvenaria.....	59
Figura 33: Momentos da laje L1 para carga distribuída de 1,0 kN/m <sup>2</sup> . ....	60
Figura 34: Momentos da laje L1 para carga de alvenaria.....	60
Figura 35: Momentos da laje L2 para cara distribuída de 1,0 kN/m <sup>2</sup> . ....	61
Figura 36: Momentos da laje L2 para carga de alvenaria.....	62
Figura 37: Momentos da laje L3 para carga distribuída de 1,0 kN/m <sup>2</sup> . ....	62
Figura 38: Momentos da laje L3 para carga de alvenaria.....	63
Figura 39: Momentos da laje L4 para carga distribuída de 1,0 kN/m <sup>2</sup> . ....	63
Figura 40: Momentos da laje L4 para carga de alvenaria.....	64
Figura 41: Momentos da laje L5 para carga distribuída de 1,0 kN/m <sup>2</sup> . ....	64
Figura 42: Momentos da laje L5 para carga de alvenaria.....	65
Figura 43: Arquitetura interna do terceiro pavimento – Arquitetura “B” .....	71
Figura 44: Arquitetura interna do segundo pavimento – Arquitetura “B” .....	73
Figura 45: Arquitetura do ambiente de lazer externo – Arquitetura “B”.....	74

Figura 46: Nova arquitetura interna do primeiro pavimento – Arquitetura “B”.	76
Figura 47: Detalhe do pontalete .....	78
Figura 48: Detalhe do revestimento interno.....	79
Figura 49: Detalhe do revestimento externo.....	79
Figura 50: Sólido representando a situação final do terreno no projeto “B” .....	80
Figura 51: Lajes com carga de alvenaria no primeiro pavimento. ....	84
Figura 52: Lajes com carga de alvenaria no segundo pavimento. ....	84
Figura 53: Modelagem das lajes, medidas em milímetros.....	85
Figura 54: Cargas nodais de alvenaria.....	86
Figura 55: Momentos da laje L1 para carga distribuída de 1,0 kN/m <sup>2</sup> . ....	87
Figura 56: Momentos da laje L1 para carga de alvenaria.....	87
Figura 57: Momentos da laje L2 para carga distribuída de 1,0 kN/m <sup>2</sup> .....	88
Figura 58: Momentos da laje L2 para carga de alvenaria.....	88
Figura 59: Momentos da laje L3 para carga distribuída de 1,0 kN/m <sup>2</sup> .....	89
Figura 60: Momentos da laje L3 para carga de alvenaria.....	89
Figura 61: Detalhe do gancho de ancoragem para vigotas. ....	91
Figura 62: Comprimento da armadura negativa para lajes em balanço (Fonte: Manual de Fabricação PUMA). ....	92
Figura 63: Ganho em ângulo reto.....	96
Figura 64: Detalhamento longitudinal da viga V1. ....	100
Figura 65: Amarração em "L". ....	107
Figura 66: Amarração em "T".....	107
Figura 67: Detalhe dos blocos "J" (Fonte: www.tatu.com.br). ....	107
Figura 68: Detalhe da cinta de concreto.....	107
Figura 69: Vergas até 1,00m de vão (Fonte: Milito, 2009).....	108
Figura 70: Vergas de 1,00m até 1,50m de vão (Fonte: Milito, 2009).....	108
Figura 71: Vergas de 1,50m até 2,00m de vão (Fonte: Milito, 2009).....	108
Figura 72: Ilustração de coxin de concreto sob o apoio de vigas (Fonte: Milito, 2009). ....	109
Figura 73: Sistema de ar condicionado tipo Split (fonte: FERRAZ, 2005) .....	120
Figura 74: Fluxo de ar do aparelho paralelo a maior dimensão do ambiente (fonte: FERRAZ, 2005) .....	122
Figura 75: Ar condicionado instalado inadequadamente (fonte: FERRAZ, 2005) ...	122
Figura 76: Distanciamento mínimo entre unidades de ar condicionado (fonte: FERRAZ, F. Notas de Aula de Sistemas de Climatização) .....	123
Figura 77: Frente do terreno em aclive.....	128
Figura 78: Sistema Indireto por Gravidade com Reservatório Superior (fonte: Oliveira, 2011).....	128
Figura 79 Sistema com Ventilação Secundária (fonte: Oliveira, 2011).....	136
Figura 80 Sistema de Coluna Única (fonte: Oliveira, 2011).....	136
Figura 81 Sistema Modificado com uma coluna e tubo de queda ventilado (fonte: Oliveira, 2011). ....	137
Figura 82 Componentes do Sistema Predial de Esgoto Sanitário (fonte: Oliveira, 2011).....	137
Figura 83: Ângulo da chuva com a vertical (fonte: Oliveira, 2011) .....	147
Figura 84: Incremento da área de contribuição devido a elementos verticais (fonte: Oliveira, 2011).....	147
Figura 85: Água leste e oeste da cobertura.....	149
Figura 86: Fórmula de Manning-Strickler (fonte: Oliveira, 2011).....	151
Figura 87: Tubo dreno sobre a sapata corrida ..	154

Figura 88: Divisão das áreas descobertas. ....	155
Figura 89: Vazão em cada trecho de coletor horizontal. ....	156
Figura 90: Numeração de cada trecho de parede do nível térreo. ....	160
Figura 91: Detalhe do elemento de fundação.....	162
Figura 92: Regiões de maior desnível previsto. ....	163
Figura 93: Vista em planta da solução de contenção proposta. ....	164
Figura 94: Vista em corte da solução de contenção proposta.....	164

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Restrições de uso e ocupação da zona ZR-1 do município de Mogi das Cruzes (Fonte: <a href="http://www.mogidascruzes.sp.gov.br">www.mogidascruzes.sp.gov.br</a> ) .....	21
Quadro 2: Definição das categorias residenciais segundo tipo e porte do empreendimento. ....	22
Quadro 3: Empolamento dos materiais (Fonte: Guimarães, N. 2001).....	49
Quadro 4: Armaduras adicionais para lajes de altura 20cm em função do vão a ser vencido e sobrecarga. ....	52
Quadro 5: Armaduras para lajes em balanço.....	53
Quadro 6: Peso específico dos materiais de construção. (Fonte: ABNT NBR 6120, 1980) .....	54
Quadro 7: Armaduras adicionais para lajes de altura 16cm em função do vão a ser vencido e sobrecarga (Fonte: PUMA, 2003). ....	82
Quadro 8: Contra-flechas para treliças.....	82
Quadro 9: Relação entre deformações para a carga distribuída e de alvenaria.....	90
Quadro 10: Cargas utilizadas para dimensionamento de armaduras adicionais.....	90
Quadro 11: Características das nervuras de travamento (Fonte: PUMA, 2003). ....	91
Quadro 12: Peso próprio da laje.....	93
Quadro 13: Tabela dos coeficientes para combinações de serviço (Fonte ABNT NBR 6118, 2007). .....	94
Quadro 14: Fator para determinação da flecha deferida no tempo (Fonte: ABNT NBR 6118, 2007). .....	97
Quadro 15: Divisão dos circuitos.....	112
Quadro 16: Dimensionamento de eletrodutos.....	117
Quadro 17: Vazões unitárias dos pontos de utilização (fonte: Oliveira, 2011). ....	130
Quadro 18: Pesos atribuídos aos pontos de utilização (fonte: Oliveira, 2011). ....	130
Quadro 19: Unidades de Hunter de Contribuição dos aparelhos sanitários e diâmetro nominal mínimo dos ramais de descarga (fonte: aula disciplina PCC2465, POLI-USP).....	138
Quadro 20: Diâmetros dos ramais de descarga (fonte: aula disciplina PCC2465, POLI-USP) .....	138
Quadro 21: Número de aparelhos por cômodo .....	139
Quadro 22: Diâmetro Nominal mínimo para o Número máximo de UHC - Ramal de Esgoto (fonte: Oliveira, 2011).....	139
Quadro 23: Diâmetro Nominal mínimo para o Número máximo de UHC – Tubo de Queda (fonte: Oliveira, 2011). ....	140
Quadro 24: Diâmetro nominal mínimo em função do número máximo de UHC e da inclinação do condutor (fonte: Oliveira, 2011). ....	141
Quadro 25: Distância máxima de um desconector (sifão) ao tubo ventilador (fonte: Oliveira, 2011).....	142
Quadro 26: Dimensionamento de ramais de ventilação (fonte: Oliveira, 2011).....	142
Quadro 27: Dimensionamento de colunas de ventilação (fonte: Oliveira, 2011). ....	143
Quadro 28: Intensidade pluviométrica por período de retorno (fonte: Oliveira, 2011). .....	148
Quadro 29: Coeficientes de rugosidade (fonte: ABNT NBR 10844, 1989).....	151
Quadro 30: Coeficientes multiplicativos da vazão de projeto (fonte: Oliveira, 2011). .....	152

Quadro 31: Dimensionamento de condutores verticais (fonte: Oliveira, 2011).....	152
Quadro 32: Dimensionamento de condutores horizontais no solo (fonte: Oliveira, 2011).....	153
Quadro 33: Dimensionamento de condutores horizontais (fonte: Oliveira, 2011). .	156
Quadro 34: Pressões básicas para diferentes solos (Fonte: ABNT NBR6122, 1996).	
.....	159
Quadro 35: Orçamento.....	165

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Planilha de cálculos de análise granulométrica .....	32
Tabela 2: Relação da movimentação de terra para diferentes cotas do nível mais baixo na situação futura do terreno .....	49
Tabela 3: Tabela de dimensionamento das cargas elétricas do projeto "A" .....	69
Tabela 4: Relação da movimentação de terra para diferentes cotas para o projeto "B" .....	81
Tabela 5: Cargas atuantes da laje sobre as vigas.....	94
Tabela 6: Dimensionamento da viga V1.....	99
Tabela 7: Dimensionamento viga V2.....	101
Tabela 8: Dimensionamento viga V3.....	101
Tabela 9: Dimensionamento vigas V4 e V5.....	102
Tabela 10: Dimensionamento viga V6.....	102
Tabela 11: Dimensionamento viga V7.....	103
Tabela 12: Dimensionamento viga V8.....	103
Tabela 13: Dimensionamento vigas V9 e V14.....	104
Tabela 14: Dimensionamento viga V10.....	104
Tabela 15: Dimensionamento viga V11.....	105
Tabela 16: Dimensionamento vigas V12 e V13.....	105
Tabela 17: Tabela de cargas elétricas do projeto "B" .....	110
Tabela 18: Dimensionamento dos circuitos dos pontos de iluminação .....	114
Tabela 19: Dimensionamento dos circuitos de PTUG`s .....	115
Tabela 20: Dimensionamento dos circuitos de PTUE`s .....	116
Tabela 21: Dimensionamento dos aparelhos de ar condicionado .....	125
Tabela 22: Incorporação de fatores de simultaneidade à vazão máxima possível – água fria .....	131
Tabela 23: Dimensionamento dos ramais de água fria.....	132
Tabela 24: Incorporação de fatores de simultaneidade à vazão máxima possível – água quente .....	133
Tabela 25: Dimensionamento dos ramais de água quente.....	134
Tabela 26: Dimensionamento dos ramais de esgoto antes da bacia sanitária.....	140
Tabela 27: Dimensionamento dos ramais de esgoto com a bacia sanitária.....	140
Tabela 28: Agrupamento dos tubos de queda.....	141
Tabela 29: Dimensionamento dos tubos de queda .....	141
Tabela 30: Diâmetros dos ramais de ventilação.....	142
Tabela 31: Agrupamento das colunas de ventilação.....	143
Tabela 32: Dimensionamento das colunas de ventilação.....	144
Tabela 33: Dimensões da água Leste .....	149
Tabela 34: Dimensões da água Oeste .....	149
Tabela 35: Cálculo da área de contribuição da água leste.....	150
Tabela 36: Cálculo da área de contribuição da água oeste.....	150
Tabela 37: Cálculo da vazão de projeto da água oeste .....	150
Tabela 38: Cálculo da vazão da calha máxima.....	151
Tabela 39: Dimensionamento das áreas descobertas .....	155
Tabela 40: Planilha de dimensionamento das sapatas corridas.....	161

## LISTA DE SÍMBOLOS E SIGLAS

- Ac – Área Construída  
Ao – Área Ocupada  
CA – cargas accidentais  
CP – Carga Permanente  
CQP – combinação quase permanente  
ELS – estado limite de serviço  
ELU – estado limite último  
EPS – Poliestireno Expandido  
GPS – “Global Positioning System”  
Ie – Índice de Elevação  
Io – Coeficiente de Aproveitamento  
IP – Índice de Plasticidade  
LL – Limite de Liquidez  
L.M. – Lote Mínimo  
LMS – Laboratório de Mecânica dos Solos  
LP – Limite de Plasticidade  
PTR – Departamento de Transportes da Escola Politécnica  
PVC – Policloreto de Vinila  
Rf – Recuo Frontal  
RI – Recuo Lateral  
SPT – “Standard Penetration Test”  
TCPO – Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos  
To – Taxa de Ocupação  
Tp – Taxa de Permeabilização  
Ts – Área Total do Terreno  
UHC - Unidades de Hunter de Contribuição  
USP – Universidade de São Paulo  
 $A_s$  – área da seção transversal da armadura longitudinal de tração  
 $A_s'$  – área da seção transversal da armadura longitudinal de compressão  
 $A_{sw}$  – área da seção transversal dos estribos de força cortante  
 $E_{cs}$  – módulo de deformação secante do concreto

- $E_s$  – módulo de deformação do aço
- $I_0$  – momento de inércia da seção bruta
- $I_{II}$  – momento de inércia da seção fissurada no estádio II
- $I_{eq}$  – momento de inércia equivalente da seção fissurada
- $M_{máx}$  – máximo momento fletor no vão
- $M_r$  – momento de fissuração do elemento estrutural
- $V_{Rd2}$  – força cortante resistente de cálculo, relativa às diagonais comprimidas de concreto
- $V_{sd}$  – força cortante solicitante de cálculo
- $a_l$  – deslocamento do diagrama de momentos fletores
- $b_w$  – largura da seção transversal da viga
- $d'$  – distância entre o eixo da armadura de compressão e a face mais próxima do elemento
- $f_{bd}$  – resistência de aderência de cálculo da armadura passiva
- $f_{cd}$  – resistência de cálculo à compressão do concreto
- $f_{ck}$  – resistência característica à compressão do concreto
- $f_{ctd}$  – resistência de cálculo do concreto ao cisalhamento
- $f_{ctm}$  – resistência média a tração do concreto
- $f_y$  – resistência ao escoamento do aço de armadura passiva
- $f_y$  – resistência de cálculo ao escoamento do aço de armadura passiva
- $l_b$  – comprimento básico de ancoragem da armadura passiva
- $x_{II}$  – posição da linha neutra no estádio II puro
- $y_t$  – distância do centro de gravidade da seção à face fissurada
- $\alpha_f$  – fator para cálculo da flecha diferida no tempo
- $\eta_1\eta_2\eta_3$  – coeficientes para cálculo da tensão de aderência da armadura passiva
- $\phi_{máx,agregado}$  – diâmetro máximo do agregado graúdo
- $d$  – altura útil
- $e_h$  – espaçamento horizontal entre as faces de duas barras
- $e_v$  – espaçamento vertical entre as faces de duas barras
- $f_0$  – flecha imediata
- $f_{elástica}$  – flecha no regime elástico
- $f_{tot}$  – flecha total diferida no tempo
- $\gamma_c$  – coeficiente de ponderação da resistência do concreto

$\gamma_f$  – coeficiente de ponderação das ações

$\gamma_s$  – coeficiente de ponderação da resistência do aço

$\psi_2$  – fator de redução de combinação quase permanente para ELS

$s$  – espaçamento entre eixos dos estribos

$\xi$  – coeficiente para cálculo da flecha diferida no tempo

$\phi$  – diâmetro das barras da armadura

$\sigma_0$  – pressão básica do solo

$\sigma_{adm}$  – pressão média admissível do solo

## SUMÁRIO

1	Introdução .....	16
2	Objetivos .....	17
3	Justificativa e Metodologia .....	18
4	Desenvolvimento no 1º semestre.....	20
4.1	Estudo da legislação local .....	20
4.2	Levantamento topográfico .....	24
4.3	Estudo do Solo .....	29
4.4	Realização dos projetos .....	35
4.4.1	Arquitetura “A” .....	35
4.4.2	Estudo de movimentação de terra “A” .....	46
4.4.3	Estrutura “A” .....	50
4.4.4	Sistemas Prediais “A” .....	66
5	Desenvolvimento no 2º semestre.....	70
5.1	Arquitetura “B” .....	70
5.1.1	Cobertura.....	77
5.1.2	Revestimento.....	78
5.2	Estudo de Movimentação de Terra “B” .....	80
5.3	Estrutura “B” .....	81
5.3.1	Lajes .....	81
5.3.2	Vigas.....	92
5.3.3	Detalhes construtivos .....	106
5.4	Elétrica “B”.....	110
5.5	Ar-condicionado “B” .....	118
5.6	Água Fria “B” .....	127
5.6.1	Dimensionamento do reservatório de água .....	127
5.6.2	Dimensionamento do sistema de distribuição.....	129
5.6.3	Determinação da vazão de projeto: .....	129
5.7	Água Quente “B” .....	133
5.7.1	Dimensionamento do sistema de distribuição.....	133
5.8	Esgoto Sanitário “B” .....	135
5.8.1	Classificação de Sistema.....	135
5.8.2	Componentes do sistema .....	137
5.8.3	Dimensionamento da tubulação .....	138
5.8.4	Dimensionamento dos Tubos de ventilação .....	141
5.9	Drenagem “B” .....	145
5.9.1	Cobertura.....	148
5.9.2	Tubo dreno .....	153
5.9.3	Pisos descobertos .....	154
5.9.4	Condutores Horizontais .....	156
5.10	Fundações “B” .....	158
5.11	Estudo da contenção no entorno do terreno “B” .....	163
5.12	Orçamento “B” .....	165
6	Considerações finais .....	167
7	Bibliografia .....	169
8	Apêndices .....	173

## 1 INTRODUÇÃO

Por ser um curso muito abrangente e bastante exigente, a Engenharia Civil permite ao formando uma grande variedade de opções a serem seguidas em sua carreira profissional. Além de áreas fora da engenharia que sempre provocam interesse aos engenheiros, como as áreas financeiras e de consultoria empresarial, suas principais áreas de atuação são as técnicas, envolvendo pesquisa & desenvolvimento e projetos, e gerenciais, envolvendo gestão de execução de obras e de empresas, dentre muitas outras.

Uma das atuações possíveis para o engenheiro Civil, que envolve todas essas áreas de conhecimento, é a construção de residências unifamiliares. Um profissional que domine o conhecimento de todas essas áreas pode se tornar mais competitivo no mercado.

Diferente do que ocorre com obras de maior porte, na construção de residências unifamiliares, o engenheiro dever estar envolvido em todas as etapas: desde os estudos da legislação local e de viabilidade econômica do empreendimento, passando pela elaboração dos projetos, até a execução da obra e sua eventual comercialização. A construção de residências unifamiliares é um segmento da construção civil interessante tanto para quem deseja participar de todas as etapas de um empreendimento, quanto para quem pretende abrir sua própria empresa.

Somando todos esses fatores, tomou-se a produção de casas unifamiliares como tema do Trabalho de Formatura principalmente porque além de gerar experiência na construção de edifício de pequeno porte, consolida uma série de conhecimentos acumulados ao longo do curso de engenharia Civil da Escola Politécnica.

## 2 OBJETIVOS

O objetivo deste Trabalho é apresentar os estudos e os projetos desenvolvidos para a construção de uma residência localizada na cidade de Mogi das Cruzes.

Os objetivos gerais deste Trabalho de Formatura são o desenvolvimento dos estudos preliminares, a elaboração dos projetos, buscando atender as necessidades e exigências da proprietária.

### 3 JUSTIFICATIVA E METODOLOGIA

O Trabalho de Formatura é uma grande oportunidade para se praticar conceitos e conhecimentos apreendidos durante os anos de faculdade e de se aproximar da vida profissional. Por isso, buscou-se um tema no qual pudessem ser aplicados muitos dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso e que poderia se tornar uma opção de carreira profissional.

Somando-se isso ao fato da casa procurar atender às necessidades reais de uma cliente e dos projetos seguirem as normas técnicas e a legislação local, o trabalho se aproxima de uma situação profissional e condizente com o mercado.

A multidisciplinaridade do tema se dá por envolver projetos de topografia, de estrutura, de fundações, de drenagem, de sistemas prediais, entre outros.

A metodologia de trabalho seguiu os seguintes passos:

#### (i) Estudos Preliminares

Os estudos preliminares foram feitos por meio de:

- Reuniões com a proprietária para análise de sua necessidade.
- Estudo do padrão das residências vizinhas ao terreno para estudo de arquitetura típica do local.
- Estudo da legislação local pelo site e pelo telefone da prefeitura de Mogi das Cruzes.
- Levantamento topográfico utilizando os recursos de topografia.
- Estudo de amostra de solo do terreno em laboratório.

#### (ii) Desenvolvimento de Projetos

Para a elaboração dos projetos, contou-se com as notas de aulas, reuniões com a orientadora e outros professores do curso de Engenharia Civil, ferramentas computacionais e consultas a fabricantes.

Para a realização do trabalho, utilizaram-se as seguintes ferramentas computacionais:

- Microsoft Office Excel ®;
- AutoDesk AutoCAD 2010 ® – versão estudantil;
- DataGeosis Versão DEMO ®;
- Atir STRAP ®;

Foram elaborados os projetos:

- Arquitetura
- Estrutura Preliminar
- Sistemas Prediais Preliminares
- Detalhamento da arquitetura.
- Detalhamento do projeto de estruturas.
- Detalhamento do projeto elétrico e ar-condicionado.
- Detalhamento dos sistemas de água fria, água quente e esgoto.
- Fundações.
- Condução de águas pluviais - drenagem.

### (iii) Orçamento

Para realização do orçamento geral da residência levou-se em conta os levantamentos das quantidades de materiais utilizados nos projetos elaborados, pesquisa de preços com fornecedores locais e tabelas TCPO.

## 4 DESENVOLVIMENTO NO 1º SEMESTRE

### 4.1 Estudo da legislação local

Para ser possível a implantação de um novo empreendimento voltado à área da construção civil, seja ele industrial, comercial, residencial ou edifícios intitulados especiais como escolas, hospitais, bibliotecas, igrejas, etc. é necessário que os mesmos atendam às leis de zoneamento do local de implantação, as quais, por sua vez, devem respeitar o plano diretor do município.

O zoneamento tem como finalidade principal controlar o uso e a ocupação do solo urbano, limitando tipologia e porte de edifícios a serem implantados nos lotes. O objetivo é buscar uma melhor organização do município, facilitar o planejamento de novos serviços a serem implantados na cidade e evitar conflitos de vizinhanças.

Para o desenvolvimento do empreendimento objeto do Trabalho de Formatura, foi necessário consultar a legislação do município de Mogi das Cruzes que disponibiliza esse tipo de informação no endereço eletrônico da prefeitura da cidade dentro da categoria Legislação de Ordenamento do Uso e Ocupação do Solo (LOUOS).

Utilizando-se de um mapa índice também disponível no endereço eletrônico da cidade, localizou-se o lote do empreendimento. A tabela de índices das zonas e parte relevante do mapa da zona 13 – Vila Oliveira estão representados na Figura 1 e na Figura 2, respectivamente.

1 - CHÁCARA GUANABARA	10 - SABAÚNA	18 - PARQUE DAS VARINHAS
2 - SÃO BENTO	11 - REAL PARK TIETÊ	19 - PARQUE SÃO MARTINHO
3 - CHÁCARA SÃO JOAQUIM	12 - CENTRO	20 - VILA MORAES
4 - TABOÃO	13 - VILA OLIVEIRA	21 - PINDORAMA
5 - SERRA DO ITAPETI	14 - CONJUNTO JEFFERSON	22 - BOA VISTA
6 - SERRA DO ALTO	15 - JUNDIAPEBA	23 - BIRITIBA USSÚ
7 - ARUÃ	16 - BRAZ CUBAS	24 - BARROSO
8 - FAZENDA CAPELINHA	17 - COCUERA	25 - TAIAÇUPEBA
9 - VILA SUISSA		

**Figura 1: Distribuição das zonas do município de Mogi das Cruzes (Fonte: [www.mogidascruzes.sp.gov.br](http://www.mogidascruzes.sp.gov.br)).**

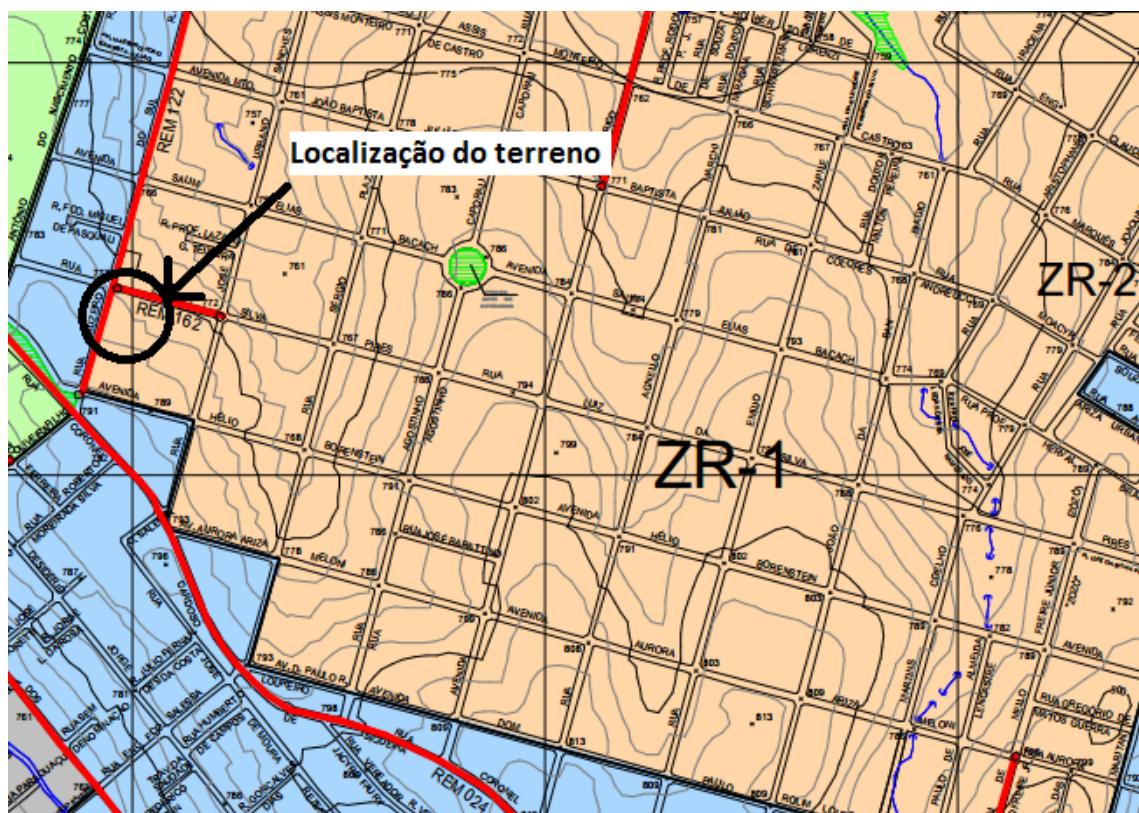


Figura 2: Mapa de zoneamento loca (Fonte: [www.mogidascruzes.sp.gov.br](http://www.mogidascruzes.sp.gov.br)).

O terreno está localizado numa zona denominada ZR-1. O Anexo X da Lei nº 2.683/82 ([www.mogidascruzes.sp.gov.br](http://www.mogidascruzes.sp.gov.br)) define os usos permitidos, índices urbanísticos e parâmetros de implantação para a zona em questão (Quadro 1).

**Quadro 1: Restrições de uso e ocupação da zona ZR-1 do município de Mogi das Cruzes**  
 (Fonte: [www.mogidascruzes.sp.gov.br](http://www.mogidascruzes.sp.gov.br)).

ANEXO X – RESTRIÇÕES DO USO DO SOLO SEGUNDO AS ZONAS  
 TABELA X - 1<sup>(1)</sup> Lei nº 2.683, 16 de agosto de 1982 e suas alterações

Folha 01

ZONAS	RESTRIÇÕES DE OCUPAÇÃO										
	RESTRIÇÕES DE USO		USOS PROIBIDOS	ÍNDICES URBANÍSTICOS			PARAMETROS DE IMPLANTACAO			Tp (%)	
	USOS PERMITIDOS	USOS PROIBIDOS		To(%)	Io	Ie	L.M. (m²)	Testada (m)	Recuos		
ZR1*	RES: 1, 2, 3, 4 INS: 1 ESP: 1.2, 2, 3.1, 3.2, 3.3, 8.1, 8.2.2, 8.2.3, 8.3.4.2, 8.4.1, 8.4.2, 8.4.3, 9, 10	Todos os Demais	45	0,90	2		400	12,00	5,00	1,50	- 20

Os usos residenciais permitidos para a zona ZR-1 são denominados RES 1, 2, 3 e 4, cujas características e restrições são apresentadas no Quadro , sintetizado a partir do Anexo IV da Lei nº 2.683/82 ([www.mogidascruzes.sp.gov.br](http://www.mogidascruzes.sp.gov.br)).

**Quadro 2: Definição das categorias residenciais segundo tipo e porte do empreendimento.**

CATEGORIAS	ATIVIDADES	EMPREENDIMENTO			
		DE URBANIZAÇÃO		DE EDIFICAÇÃO	
		SUBCATEGORIAS	PORTE	SUBCATEGORIAS	PORTE
RES - 1	Unidomiciliar	-	-	Casa	1
RES - 2	Unidomiciliar	Desmembramento	2	Casas Geminadas	2
		Remembramento	1		
			2		
		Desdobro	2		
RES - 3	Unidomiciliar	Desmembramento	3 a 20	Casas em Fila	3 a 20
		Remembramento	3 a 20	Casas Escalonadas	3 a 20
			21 a 50		
		Desdobro	3 a 20	Grupo de Casas	3 a 20
			21 a 50		21 a 50
		Loteamento	3 a 20	Grupo de Casas Geminadas	3 a 20
		Parcelamento em Condomínio	3 a 20	Grupo de Casas em Fila	3 a 20
		Reloteamento	3 a 20	Grupo de Casas Escalonadas	3 a 20
		Urbanização Integrada	101 a 200		21 a 50
		Reurbanização Integrada	51 a 100		3 a 20
			101 a 200		21 a 50
RES - 4	Unidomiciliar	Desmembramento	21 a 50	Grupo de Casas	51 a 100
		Remembramento	51 a 100	Grupo de Casas Geminadas	51 a 100
					101 a 200
		Loteamento	21 a 50		
			51 a 100		
		Parcelamento em Condomínio	21 a 50	Grupo de Casas em Fila	51 a 100
		Urbanização Integrada	51 a 100	Grupo de Casas Escalonadas	51 a 100
			201 a 400		101 a 200
		Reurbanização Integrada	201 a 400		

O empreendimento objeto de estudo se encaixa na categoria RES – 1, visto que se trata da edificação de uma casa de atividade uni domiciliar, sendo assim, permitido para a zona ZR-1.

Os índices urbanísticos e parâmetros de implantação indicados no Quadro 2 são responsáveis por restringir as dimensões do edifício e sua localização dentro do terreno em função da área do lote.

Para os índices urbanísticos são apresentados no Quadro 1 os valores máximos de Taxa de Ocupação (To), Coeficiente de Aproveitamento (Io) e Índice de Elevação (Ie) que devem ser respeitados no empreendimento. Já para os parâmetros de implantação devem ser respeitados os valores mínimos de Lote Mínimo (L.M.), Testada, Recuo Frontal (Rf), Recuo Lateral (Rl) e Taxa de Permeabilização (Tp).

As definições dos conceitos necessários para determinação desses limites constam no Anexo I da Lei nº 2.683/82 ([www.mogidascruzes.sp.gov.br](http://www.mogidascruzes.sp.gov.br)) aqui sintetizados.

**Área Construída (Ac)** Soma das áreas dos pisos utilizáveis, cobertos de todos os pavimentos de uma edificação, e que tenha pé direito superior a 2,20m. (dois metros e vinte centímetros).

**Área Ocupada (Ao)** área de projeção, em plano horizontal, das áreas construídas de todas as edificações existentes em um lote, excetuadas todas aquelas abaixo do nível mais alto terreno e/ou apresentando tetos de cobertura situados até 1,50m (um metro e cinqüenta centímetros) acima deste nível.

**Coeficiente de Aproveitamento** relação entre a área total construída de uma edificação e a área total do terreno (Ts) em que a mesma se situa  $Io=Ac/Ts$ .

**Índice de Elevação (Ie)** relação entre a área construída e a área ocupada  $Ie=Ac/Ao$  de uma edificação.

**Taxa de Ocupação (To)** - relação entre a área ocupada e a área total do terreno  $To=Ao/Ts$ .

**Taxa de Permeabilização (Tp)** - relação entre a área onde não é permitido edificar ou revestir o solo com material que impeça ou dificulte a absorção das águas de chuva e a área total do solo.

A partir das restrições impostas pelos índices urbanísticos será necessário que, antes da escolha definitiva da arquitetura, todos esses índices sejam calculados e corretamente atendidos para que se possa legalizar o empreendimento, visto que só é possível adquirir alvará de construção caso essas limitações sejam respeitadas.

## 4.2 Levantamento topográfico

O levantamento topográfico do terreno é essencial para que se possa projetar a edificação considerando-se a geometria do terreno. É através da topografia que as dimensões básicas do terreno e elevações serão identificadas. Com as informações obtidas será possível: prever com maior exatidão o posicionamento da edificação em relação às extremidades do terreno, prever a movimentação de terra necessária e projetar contenções caso necessário.

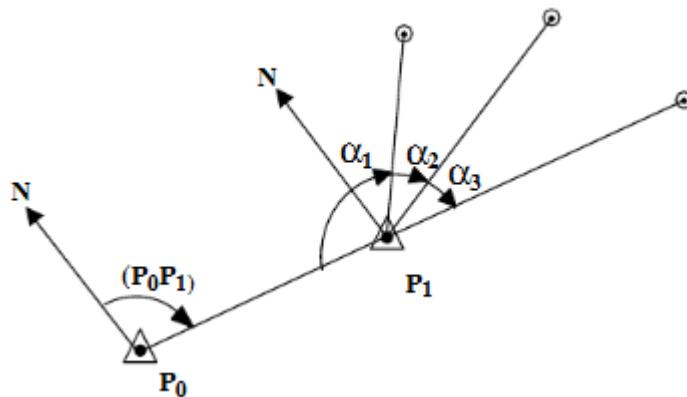
Existem diversas técnicas e instrumentos para realizar o levantamento topográfico de um terreno, dentre eles: teodolito, aparelho GPS, estação total e até mesmo com o uso de trenas e mangueiras de nível. Os instrumentos utilizados têm impacto direto na precisão das medições, e podem ser inviabilizados dependendo do tipo e dimensão de obra.

Neste trabalho a topografia foi realizada com auxílio de estação total cedida pelo Departamento de Transportes da Escola Politécnica. Apesar de que nesse tipo de empreendimento seja mais comum o uso de instrumentos simples optou-se pelo uso de estação total devido à facilidade de realização de medição e sua maior precisão, sobretudo porque o terreno possui relevo irregular.

Durante o levantamento foi utilizada técnica de irradiação múltipla com posicionamento da estação em dois pontos distintos. Não havia necessidade do fechamento de uma poligonal devido à grande área com vista desobstruída que permitia levantamento de diversos pontos.

A irradiação consiste em um método onde a partir de coordenadas conhecidas ou definidas, são medidos ângulos e distância dos pontos para determinação de suas coordenadas no espaço.

A Figura 3 ilustra como é possível definir, através da técnica de irradiação múltipla, as coordenadas de diversos pontos com as medidas de distâncias e ângulos a partir do posicionamento das estações ( $P_0$  e  $P_1$ ).

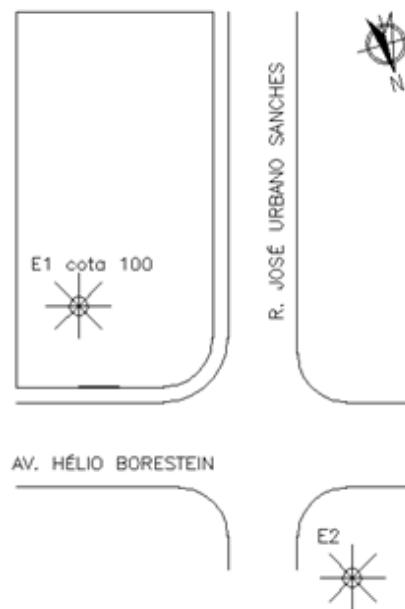


**Figura 3: Ilustração da locação de pontos pela técnica da irradiação múltipla. (Fonte: pt.scribd.com/doc/6358602)**

Os locais onde haveria necessidade do posicionamento da estação para uma visão ampla dos pontos relevantes a serem levantados foram previamente demarcados com auxílio de piquetes de madeira para áreas com solo natural e pregos para áreas pavimentadas.

O primeiro ponto de irradiação foi definido dentro do terreno e foram levantados todos os pontos internos, incluindo o perímetro interno do lote, árvores, e outros objetos, além de pontos intermediários arbitrados para definição do relevo natural. Também foi levantado o segundo ponto onde a estação seria posicionada. A coordenada inicial da estação (ponto E1 da Figura 4) foi arbitrada como 0,0 e cota de elevação +100,00 para facilitar a visualização de resultados pois as coordenadas geográficas reais não eram necessárias para o desenvolvimento do projeto.

O segundo ponto de posicionamento da estação (ponto E2 da Figura 4) ocorreu na calçada, no ponto mais alto da rua, com vista livre para o local onde a estação estava colocada anteriormente. A partir desse ponto foi possível irradiar os pontos externos ao terreno como bueiros, calçada, postes e pontos intermediários para determinação das cotas da calçada no entorno.



**Figura 4: Croqui dos pontos de irradiação E1 e E2.**

A determinação do norte geográfico foi estimada com auxílio do software gratuito Google Earth, conforme Figura 5. Essa informação é importante para questões arquitetônicas envolvendo iluminação natural e conforto térmico.



**Figura 5: Ângulo em relação ao norte geográfico.**

Durante todo o processo de levantamento topográfico foi escrita uma caderneta de campo contendo um croqui do terreno com os objetos e pontos levantados, juntamente com nomeação dada a esses mesmos pontos, para auxiliar

no posterior processamento de dados. Também foram registradas na caderneta todas as marcações de ângulo horizontal, ângulo vertical e distância apontados pela estação total para que não fosse necessário realizar todo levantamento novamente caso os dados eletrônicos fossem perdidos ou danificados.

Após realização completa do levantamento, os dados contidos na estação total foram descarregados no computador do laboratório de informática do departamento PTR para que, com auxílio do software DataGeosis, fossem convertidos para uma interface gráfica. O software também foi responsável por realizar triangulação dos pontos e criar as curvas de nível do terreno. O arquivo resultante foi convertido para o formato de arquivo eletrônico .DWG para que pudesse ser retrabalhado com o uso do software de desenho AutoCAD, da Autodesk.

O desenho resultante está apresentado no apêndice A. Para desenho dos cortes foi criada uma linha suavizada entre as cotas de nível conhecidas.

As Figura 6 à Figura 8 ilustram as condições atuais do terreno.



**Figura 6: Vista interna a partir da frente para o fundo.**



**Figura 7: Vista interna a partir do fundo para frente, no ponto mais alto.**



**Figura 8: Vista de construção existente no fundo do terreno.**

### 4.3 Estudo do Solo

Para a construção e, portanto, para a execução de um projeto de um edifício, seja ele residencial, comercial, de grande ou pequeno porte, é imprescindível que o engenheiro responsável pela obra tenha conhecimento sobre o tipo e as principais características do solo em que apoiará sua fundação, não importando por qual tipo ele fará sua opção.

É necessário, não somente, ter ciência dos tipos de solo mais usualmente encontrados na região próxima de onde será executado o empreendimento, mas também fazer uma análise mais aprofundada do solo onde será apoiada a edificação. Essa importância dada ao estudo do solo deve-se à diferença de comportamento dos diversos solos encontrados na natureza diante das solicitações sobre eles impostas, o que permite balizar a escolha, pelo profissional da engenharia civil, do tipo de fundação a ser escolhida, bem como para os tipos de contenções de eventuais escavações a serem realizadas.

O reconhecimento e amostragem de um solo em um determinado local pode ser feito de diversas maneiras. Os métodos mais usuais para se obter parâmetros de resistência e deformabilidade nas camadas mais superficiais, que são os parâmetros de interesse para o caso de uma obra de edificação de pequeno porte, são os diretos, que consistem em qualquer conjunto de operações destinadas a observar diretamente o solo ou obter amostras ao longo de uma perfuração. Exemplos: Manuais: Poços; Trincheiras; Trados manuais. Mecânicos: Sondagens à percussão; Sondagens rotativas; Sondagens mistas; Sondagens especiais com extração de amostras indeformadas. Dentre os exemplos citados, destaca-se a sondagem à percussão, que o método mais difundido e utilizado tradicionalmente em nosso país (<http://www.uliana.xpg.com.br>).

Para o caso do trabalho de formatura, como não foi possível contratar uma empresa especializada em execução de sondagem. Portanto, apenas foi realizado um simples reconhecimento tátil visual do solo e recolhimento de amostra deformada do mesmo, por meio de escavação manual de um poço de 1 metro de profundidade dentro do perímetro do terreno, para posterior análise laboratorial.

Na Figura 9 e Figura 10, seguem algumas fotos retiradas no período de escavação do poço mencionado.



**Figura 9: Escavação com auxílio de ferramenta manual.**



**Figura 10: Medição da profundidade do poço com auxílio de trena.**

Com a amostra deformada do solo em mãos, procederam-se os ensaios de caracterização e resistência do solo no LMS (Laboratório de Mecânica dos Solos) da Escola Politécnica da USP. Para tanto, foi necessária uma carta de solicitação assinada pela professora Mércia Barros e pela professora Heloisa Gonçalves.

Durante a realização dos ensaios foram coletados os dados necessários para nossa análise de caracterização do solo e, posteriormente, estes dados foram introduzidos na planilha de cálculo de granulometria fornecida pelo senhor Antonio, obtendo assim uma das informações sobre o solo buscado, que foi o gráfico de granulometria.

Na Figura 11 e Tabela 1 apresentam-se o gráfico e dados a partir da qual ele foi gerado.

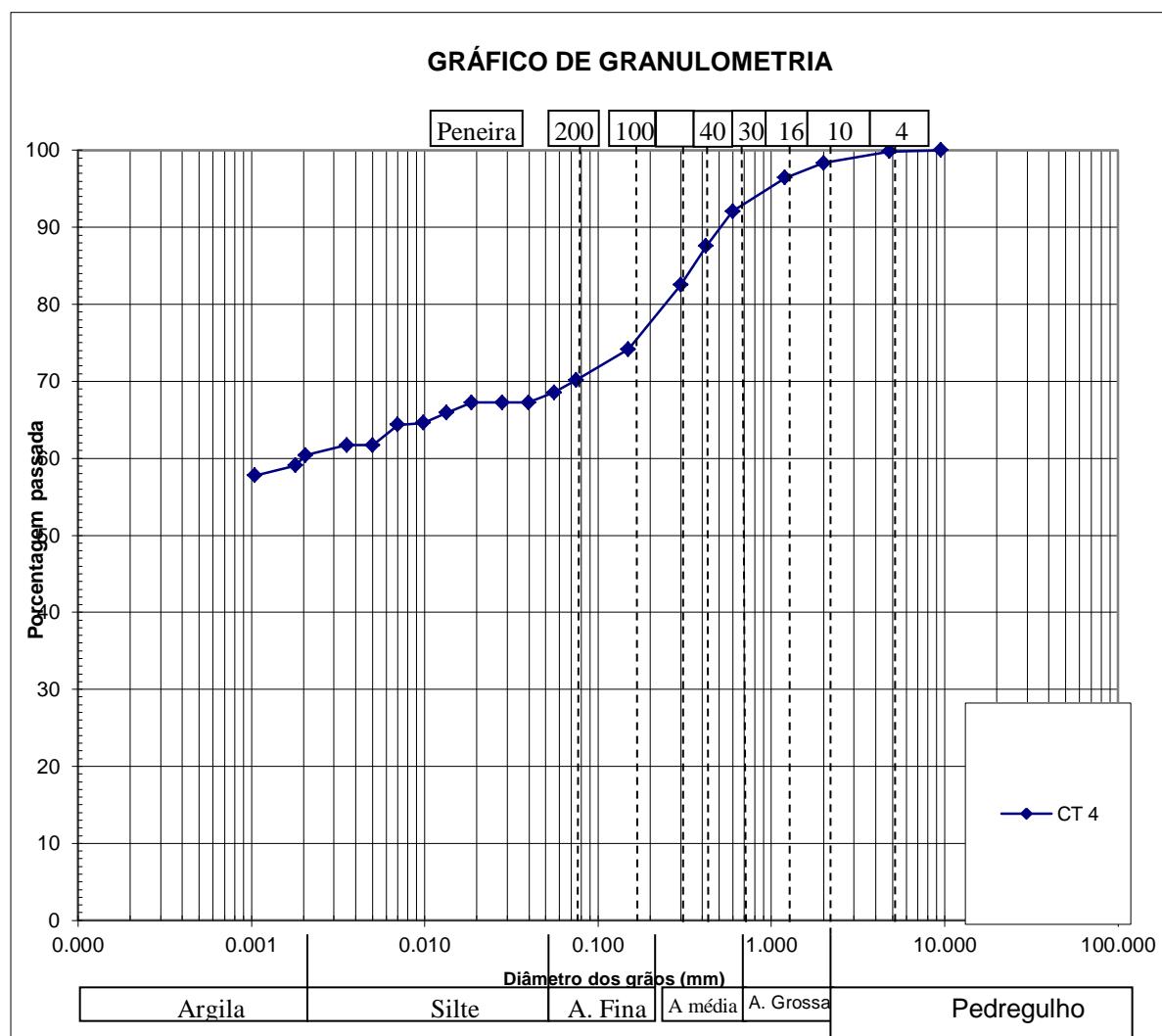


Figura 11: Gráfico de Granulometria.

**Tabela 1: Planilha de cálculos de análise granulométrica.**

		GRANULOMETRIA						EPUSP LMS			
INTERESSADO: Grupo de TF prof. Mercia			LOCAL:								
ORDEM N	1	Amostra : CT 4	PROFUNDIDADE (m):						DATA: 30/04/2012		
<b>DETERMINAÇÃO DE UMIDADE</b>											
CÁPSULA	Nº	24	27	A) AMOSTRA TOTAL ÚMIDA :				487,00			
Ph + T	g	65,47	69,32	B) SOLO SECO RETIDO # 10 :				7,64			
Ps + T	g	63,15	66,95	C) SOLO ÚMIDO PASSADO # 10 (a - b) :				479,36			
ÁGUA	g	2,32	2,37	D) SOLO SECO. PEN. # 10 (A-B)/(1+h) :				452,25			
TARA	g	24,39	27,46	E) AMOSTRA TOTAL SECA (b+d) :				459,89			
P. SECO	g	38,76	39,49	<b>PEN. FINO E SEDIMENTAÇÃO (peso em gramas)</b>							
UMIDADI	%	5,99	6,00	PESO DA AMOSTRA ÚMIDA: cps				85	62,14		
h MÉDIA	%	5,99		PESO DA AMOSTRA SECA:					58,63		
<b>DENSIDADE DOS GRÃOS</b>											
PICNÔMETRO	5	TEMP. °C:	24,0	PICNÔMETRO	4	TEMP. °C:	24,0				
SOLO ÚMIDO	cps	196	g	42,45	SOLO ÚMIDO	cps	142	g	47,50		
(A) SOLO SECO	g		40,05	(A) SOLO SECO				g	44,81		
(B) PICNÔMETRO + ÁGUA	g	1230,75		(B) PICNÔMETRO + ÁGUA				g	1210,70		
(A) + (B)	g	1270,80		(A) + (B)				g	1255,51		
(C) PICNÔMETRO + ÁGUA + SOLO	g	1256,09		(C) PICNÔMETRO + ÁGUA + SOLO				g	1239,28		
(A) + (B) - (C)	g	14,71		(A) + (B) - (C)				g	16,23		
DENSIDADE DOS GRÃOS	(g/cm³)	2,723		DENSIDADE DOS GRÃOS				(g/cm³)	2,760		
<b>PENEIRAMENTO GROSSO</b>				116	<b>PENEIRAMENTO FINO</b>				85		
PENEIRA	DIÂMETROS	PESO DA AMOSTRA SECA			D	PESO DA					
Nº	φ (mm)	RETIDO	PASSADO	% < φ	φ (mm)	AMOSTRA SECA					
	50	0,00	459,89	100		RETIDO	PASSADO				
	38	0,00	459,89	100	1,20	1,13	57,50	98,07	96,44		
	25	0,00	459,89	100	0,60	3,73	54,90	93,64	92,08		
	19	0,00	459,89	100	0,42	6,44	52,19	89,02	87,54		
	9,5	0,00	459,89	100	0,30	9,44	49,19	83,90	82,50		
	4	4,8	0,76	459,13	99,83	0,15	14,42	44,21	75,40	74,15	
	10	2	7,64	452,25	98,34	0,075	16,80	41,83	71,34	70,16	
<b>SEDIMENTAÇÃO</b>											
TEMP.	INTERVALO	HORA	LEITURA	ALTURA	CORREÇÃO	L. CORREGIDA	$\gamma_a$	DIÂMETRO D	Q		
°c	DE TEMPO			DE QUEDA	(Δ L)	(Lc)		GRÃOS φ (m)	% < φ		
23,5	30 seg.	9:14	30,50	9,60	4,50	26,00	0,9974	0,0559	68,55	0,00000945	30
23,5	1 min.	9:15	30,00	9,70	4,50	25,50	0,9974	0,0397	67,23	0,00000945	60
23,5	2	9:16	30,00	9,70	4,50	25,50	0,9974	0,0281	67,23	0,00000945	120
23,5	4	9:18	30,00	8,60	4,50	25,50	0,9974	0,0187	67,23	0,00000945	240
23,5	8	9:22	29,50	8,75	4,50	25,00	0,9974	0,0133	65,91	0,00000945	480
23,5	15	9:29	29,00	8,90	4,50	24,50	0,9974	0,0098	64,60	0,00000945	900
23,0	30	9:44	29,00	8,90	4,60	24,40	0,9976	0,0070	64,34	0,00000956	1800
23,0	1 hora	10:14	28,00	9,20	4,60	23,40	0,9976	0,0050	61,70	0,00000956	3600
23,0	2	11:14	28,00	9,20	4,60	23,40	0,9976	0,0036	61,70	0,00000956	7200
23,0	6	15:14	27,50	9,30	4,60	22,90	0,9976	0,0021	60,38	0,00000956	21600
23,0	8	17:14	27,00	9,40	4,60	22,40	0,9976	0,0018	59,07	0,00000956	28800
23,0	24	9:14	26,50	9,55	4,60	21,90	0,9976	0,0010	57,75	0,00000956	86400
DENSÍMETRO	COR. DO MENISCO	DENSIDADE DOS GRÃOS			% DE MAT. PASSADO	Q = $\frac{\delta - \delta_a}{(\delta - \delta_a) \cdot L_c}$					
Nº	78479	(δ) =		2,742	# 10 (a) =	98,34	(δ - δa)	Ps			

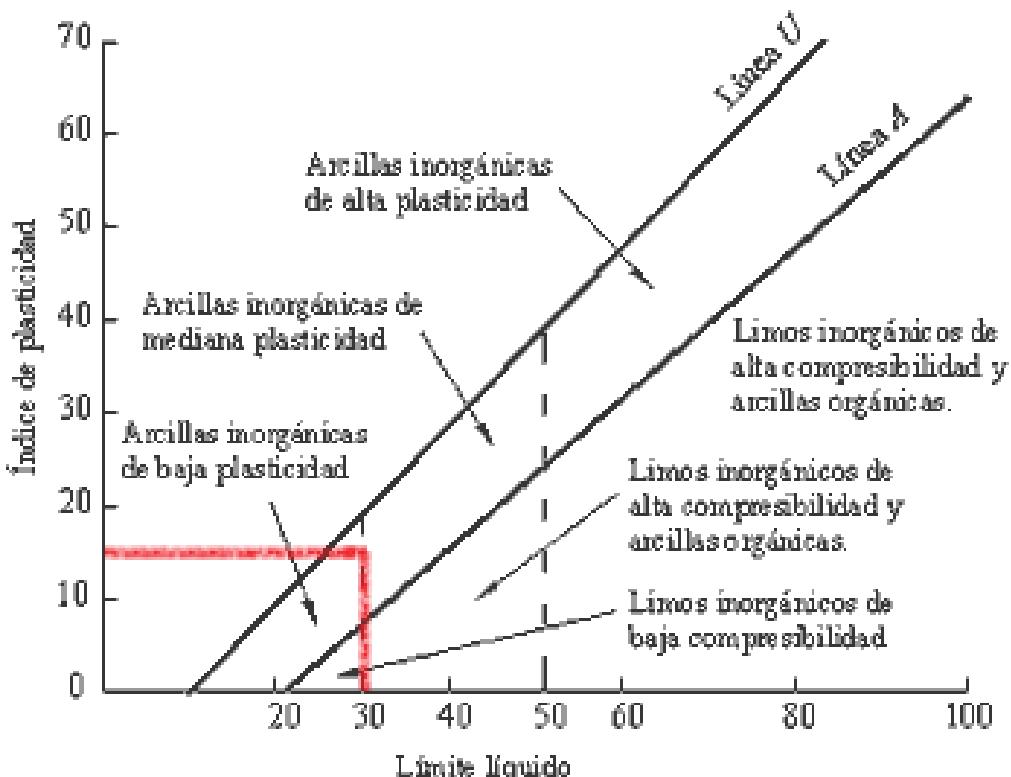
Além do ensaio granulométrico, realizamos também a análise para determinação dos Limites de Atterberg (limites de liquidez e plasticidade) do solo e chegamos aos seguintes resultados:

LL (Limite de Liquidez): 45,50%

LP (Limite de Plasticidade): 30,31%

IP (Índice de Plasticidade): 15,19%

Os resultados da análise granulométrica aliados ao ensaio de limites de Atterberg permitiram classificar o solo do terreno de interesse, de acordo com o ábaco de Casagrande (Figura 12), como uma Argila arenosa pouco plástica.



**Figura 12: Ábaco de Casagrande**

Em relação ao nível d'água, foi realizada pesquisa na vizinhança e constatado que, em períodos de chuva, a água aflora em um terreno localizado a 125m da região do empreendimento, conforme Figura 13. Com o auxílio do programa Google Earth foi estimada diferença de 11m entre as cotas altimétricas dos terrenos em questão. Portanto, para os estudos de uma fundação direta o nível d'água não é um fator crítico.



Figura 13 - Localização do terreno visitado (Fonte: Google Earth).

#### **4.4 Realização dos projetos**

Durante a etapa de desenvolvimento foram realizados dois projetos denominados “projeto A” e projeto “B”, sendo que, para o projeto A foram elaborados apenas estudos e projetos preliminares, enquanto para o projeto “B” foram utilizados os mesmos estudos porém realizados projetos em nível de detalhamento.

Esta divisão ocorreu por que no projeto A a planta arquitetônica da casa possuía muitos problemas que só poderiam ser resolvidos com uma concepção totalmente nova, que levasse em conta uma disposição diferente de cômodos e eixos. Um dos principais problemas observados na casa foi o tamanho excessivo da área construída dos cômodos, principalmente no primeiro e no segundo pavimento; e a área efetiva das suítes estava pequena para o padrão do empreendimento, pois os banheiros estavam pequenos e a suíte principal não possuía um closet.

Existia também o problema causado pela estrutura. Havia vigas que atravessavam a sala de jantar, cozinha, quarto de empregada e o home theater, prejudicando a arquitetura interna da casa.

Com a experiência adquirida durante a elaboração do projeto A observou-se a necessidade de uma nova planta arquitetônica, o projeto B, que pudesse aproveitar melhor as áreas disponíveis e tivesse uma melhor integração com estrutura. No caso anterior a estrutura foi projetada após a concepção da arquitetura no estudo preliminar; no projeto “B”, a estrutura foi pensada em conjunto com a arquitetura.

##### **4.4.1 Arquitetura “A”**

Ao procurar um arquiteto ou engenheiro, o cliente deve tentar, além de saber se ele se identifica com a estética e com o conceito de arquitetura, se os resultados correspondem às necessidades do espaço (Parreira, 2010). É preciso que o cliente se identifique com os valores e as ideias do arquiteto ou engenheiro; afinal, eles precisarão conviver por bastante tempo, visto que o engenheiro deve atuar desde a etapa do projeto arquitetônico até a integração projeto-obra como afirma Sabbatini (2012).

Nas primeiras entrevistas o cliente expõe suas necessidades e esclarece quanto pretende investir na construção. Sabbatini (2012) recomenda que se

estabeleça uma relação de total sinceridade entre cliente e o profissional para que este compreenda perfeitamente os desejos do cliente e possa desenvolver um projeto adequado ao orçamento de que ele dispõe. Portanto, a relação cliente-profissional é, acima de tudo, uma relação de parceria.

Durante a obra é o arquiteto ou o engenheiro quem representa o cliente e defende seus interesses, negocia com fornecedores e empreiteiras ou outros envolvidos com a obra. Dessa forma, confiança e honestidade são palavras-chave para clientes e o profissional. Uma relação de harmonia e confiança mútua vai determinar o sucesso do empreendimento e o resultado final de sua obra (Sabbatini, 2012).

Para o desenvolvimento do projeto arquitetônico foi tomada metodologia proposta por Nascimento (2012) onde, na etapa inicial, é necessário, através de grande integração entre o profissional e o cliente, definir seu perfil e suas necessidades, levando em consideração o local da obra e seu entorno, a topografia do terreno, orçamento disponível, entre outros.

Com essas informações elabora-se um estudo preliminar, ainda sujeito a modificações, projetando-se, principalmente, a distribuição e dimensão dos ambientes.

#### **4.4.1.1 Perfil do cliente**

O cliente em questão é uma mãe de família, com mais de 40 anos e trabalha numa fábrica de vidros dirigida pela família. Ela é de classe média-alta, mora com a família - o marido e três filhos - em uma residência unifamiliar de mais de 700 m<sup>2</sup> com três vagas na garagem, que se situa ao lado do lote onde será construída a casa objeto deste trabalho.

#### **4.4.1.2 Necessidades do cliente**

Nas reuniões realizadas com o cliente foram definidas as necessidades e as diretrizes do projeto da casa. O cliente quer construir a casa para a filha que está prestes a casar; portanto, não há intenção na venda da casa, pelo contrário, espera-se que essa família more nela por toda a vida. Com isso, foi definido que a casa

será habitada por um casal e dois filhos. A cliente espera uma casa cujo custo de construção esteja em torno de R\$ 500.000, com os seguintes espaços:

- 4 suítes (uma delas será de casal)
- 1 sala de estar
- 1 sala de jantar
- 1 bar
- 1 churrasqueira
- 1 salão de jogos
- 1 sala de home theater
- 1 escritório
- 1 ou 2 lavabos
- 1 cozinha
- 1 área de serviço
- 1 quarto de empregada
- 1 piscina
- 1 jardim e quintal
- 1 canil
- 4 vagas para estacionamento de automóveis da família além de espaço para veículos visitantes.

#### **4.4.1.3 Terreno**

O terreno está localizado na esquina da Rua José Urbano Sanches (~1200) e da Avenida Hélio Borestein (~150), na latitude 23°31'42.16"S e longitude 46°10'48.21"O. Ele possui 797 m<sup>2</sup> e é usado pela família como estacionamento para veículos visitantes. Além disso, tem-se no terreno um canil e um poço artesiano desativado. As Figura 14 à Figura 17 ilustram as situações descritas.



**Figura 14:** Imagem de satélite da região, terreno objeto de estudo destacado (Fonte: Google Earth).



**Figura 15:** Vista geral do terreno.



**Figura 16: Canil presente no terreno.**



**Figura 17: Poço desativado presente no fundo do terreno.**

#### **4.4.1.4 Levantamento e análise das restrições da legislação**

Foram levantadas e analisadas as informações preliminares da legislação arquitetônica e urbanística a ser observada para o local e que possam interferir na concepção do projeto arquitetônico. Estas informações estão apresentadas no item 4.1 deste trabalho.

Com análise do Quadro 1: Restrições de uso e ocupação da zona ZR-1 do município de Mogi das Cruzes (Fonte: [www.mogidascruzes.sp.gov.br](http://www.mogidascruzes.sp.gov.br)). Quadro 1, responsável por apresentar os índices urbanísticos, e tomando a área do terreno de 797 m<sup>2</sup>, conclui-se:

- Área Ocupada Máxima Permitida = 358 m<sup>2</sup>
- Área Construída Máxima Permitida = 717 m<sup>2</sup>
- Área Permeável Mínima Exigida = 159 m<sup>2</sup>

#### **4.4.1.5 Arquitetura preliminar**

Identificados os parâmetros urbanísticos de projeto e analisadas as restrições e necessidades foi possível propor o projeto arquitetônico da casa. Mas antes disso é preciso fazer vários estudos de diferentes desenhos de arquitetura para se entender melhor o conceito do projeto. Para tanto, cada membro do grupo realizou com vistas a que se pudesse entender melhor o conceito e os desafios do projeto, além de compartilhar as soluções criativas que cada um tinha em mente. Depois, as propostas foram analisadas em conjunto buscando-se convergir para uma solução que seria um denominador comum.

Identificadas as melhores soluções e ideias de cada integrante do grupo, foi feito um projeto que melhor atendia às necessidades do cliente e restrições da legislação. Assim, foi decidido que a casa não ficaria encostada nos limites do terreno, para que se pudesse aproveitar ao máximo as paredes colocando aberturas. Com isso, a residência acabou se situando relativamente no meio do terreno, respeitando os recuos impostos pelo uso do solo. A frente da residência foi

definida como sendo a da Avenida Hélio Borestein, por ser ela a principal. Por esta rua se dará o acesso dos automóveis, tendo sido projetado um espaço para estacionamento de veículos capaz de acomodar 8 automóveis de grande porte (6,0m x 3,0m).

Como o terreno é inclinado, optou-se por aproveitar o desnível existente, evitando-se fazer grande retirada de solo. Portanto, foi decidida que a terraplanagem deveria resultar em dois níveis; a parte da frente da casa na cota da calçada e, a parte de trás em uma cota 3,0m acima. Nessa parte de trás da casa encontra-se a piscina e churrasqueira.

Essa disposição do terreno resultou na necessidade de um muro de arrimo no terreno de três metros de altura. Além disso, seria necessário um terceiro pavimento, onde foram localizadas as quatro suítes, possibilitando-se, com isso, mais privacidade, conforto e maior valor paisagístico, o que não seria possível caso se situassem no segundo pavimento, um andar que, por estar integrado à área de lazer (no fundo) tem menor privacidade. Neste andar foram localizadas as salas de estar e sala de jantar, piscina, bar e churrasqueira. Também não seria adequado que as suítes fossem situadas no primeiro andar, já que este possui uma vista muito pobre e sem valor paisagístico, pois se enxergaria apenas os muros do limite do terreno e os carros na garagem.

Portanto, o leiaute da casa foi projetado da seguinte forma:

No 1º andar (Figura 18):

- Externo à casa: garagem e canil.
- Interno à casa: hall de entrada, escritório, home theater, salão de jogos e um lavabo.

No 2º andar (Figura 19):

- Externo à casa: churrasqueira, jardim, piscina.
- Interno à casa: sala de estar, sala de jantar, bar, lavabo, cozinha, área de serviço e quarto de empregada.

No 3º andar (Figura 20):

- Interno à casa: quatro suítes.

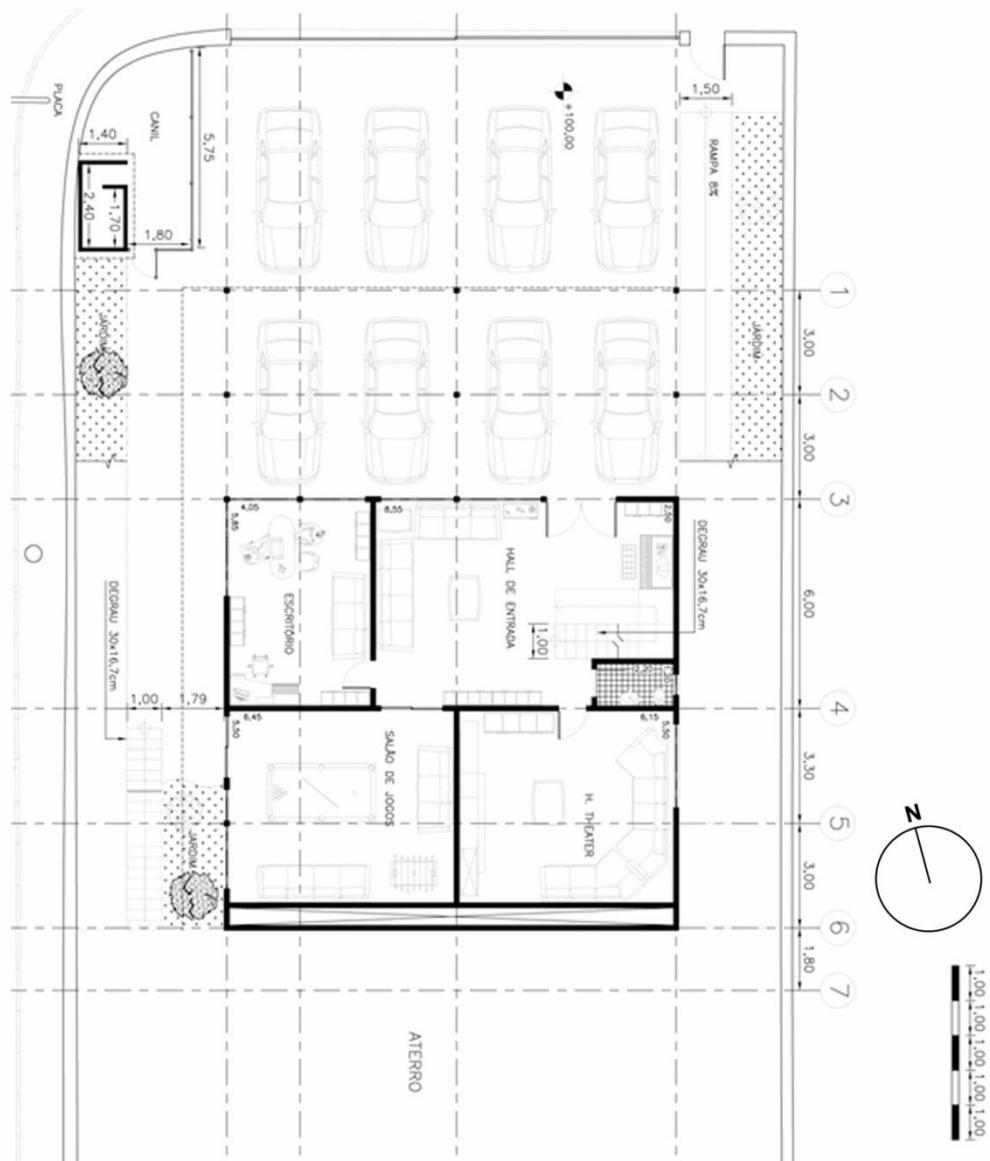
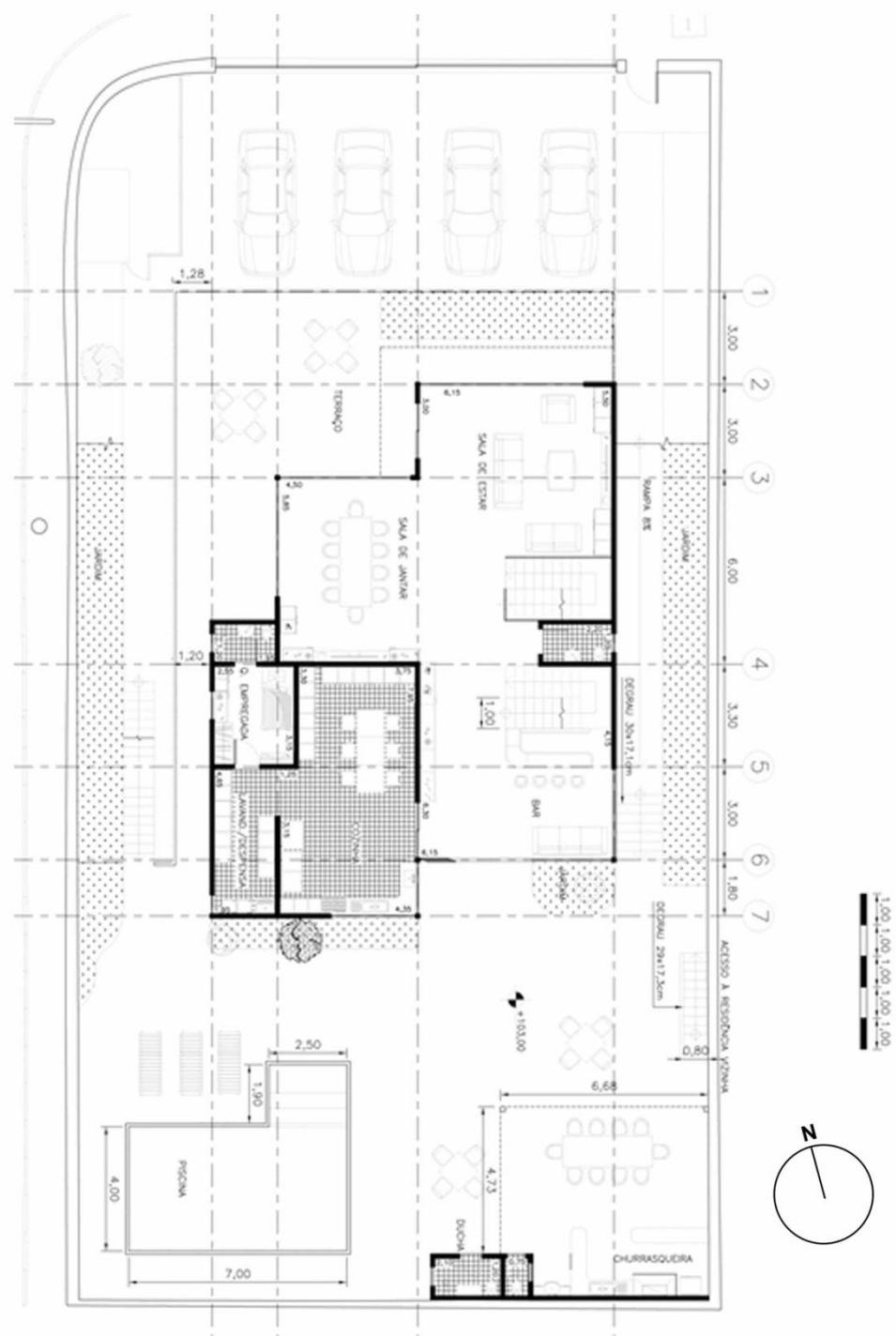
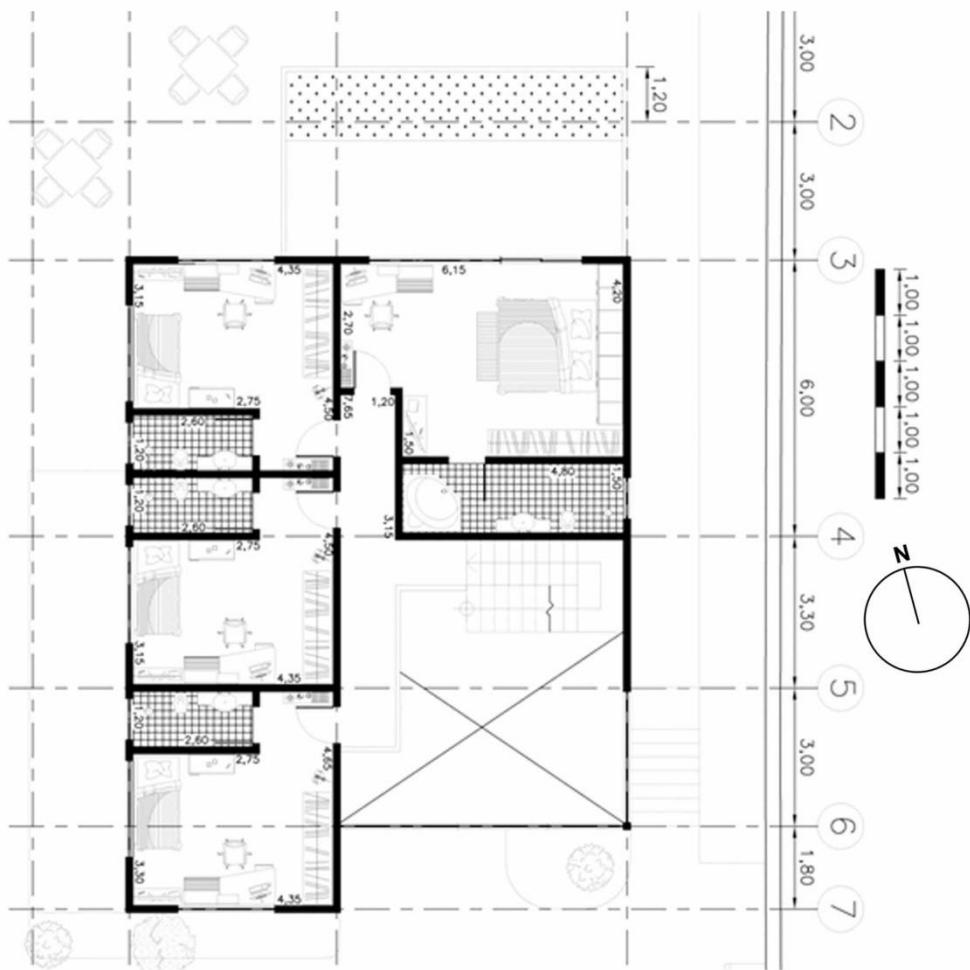


Figura 18: Arquitetura Projeto “A” - primeiro andar.

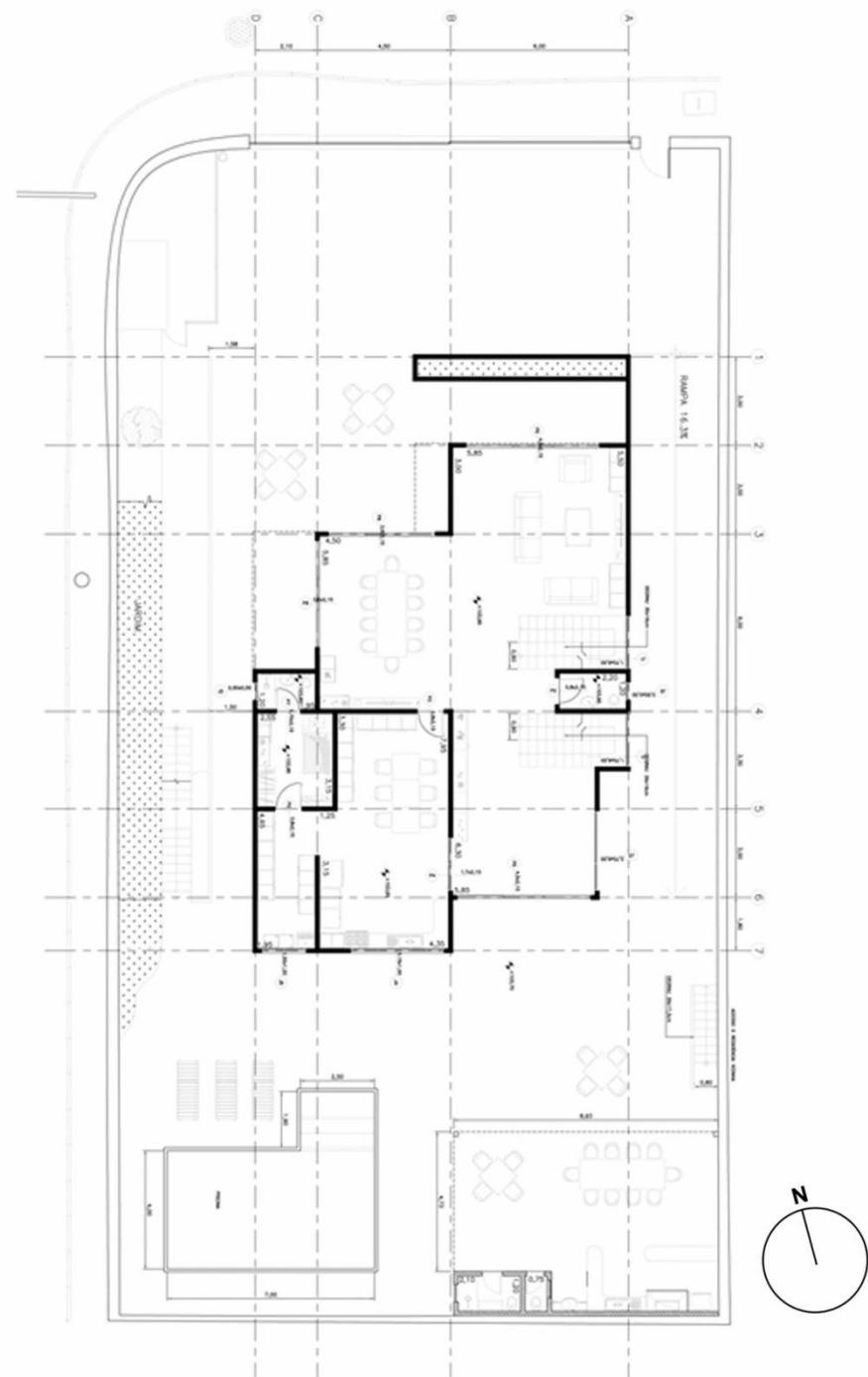


**Figura 19: Arquitetura Projeto “A” - segundo andar e área externa.**



**Figura 20: Arquitetura Projeto “A” - terceiro andar.**

Com o primeiro projeto arquitetônico pronto, foi feita uma reunião com a cliente para que ela avaliasse o leiaute. Após avaliação, a proprietária solicitou algumas mudanças no projeto. Ela pediu um acesso para que os veículos pudessem acessar a parte de trás da casa. Então, para solucionar essa necessidade foi idealizada uma rampa de acesso que começaria na parte frontal da garagem e terminaria no fundo da casa (Figura 21).



**Figura 21: Arquitetura do segundo andar e área externa: inclusão de rampa de acesso no lado leste do terreno.**

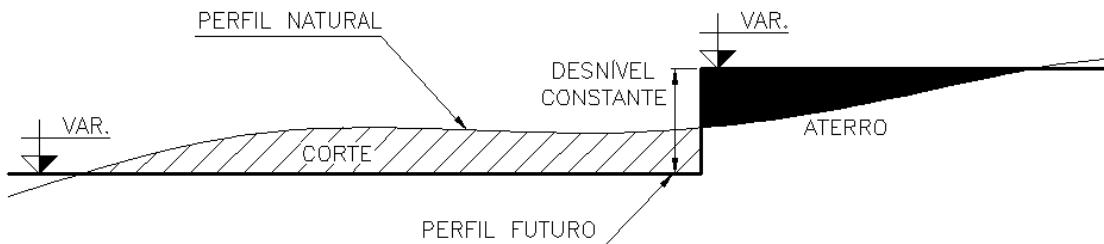
O apêndice B apresenta o projeto arquitetônico do interior da residência “A” em escala 1:50, com melhor visualização e maior número de detalhes.

#### 4.4.2 Estudo de movimentação de terra “A”

O estudo de movimentação de terra foi realizado visando equilibrar corte e aterro com vistas a se diminuir a necessidade de compra de material ou de destinar o excedente para local de “bota fora”.

A implantação do empreendimento foi definida juntamente com a arquitetura e está apresentada na Figura 19, nela são indicadas rampas, escadas e desnível na área exterior. Com base nessas informações a cota da entrada principal será redefinida para encontrar um balanço ideal entre o volume de corte e aterro.

Tomou-se como referência do nível mais baixo a calçada e, mantendo-se o desnível para o fundo do terreno indicado pela arquitetura, a cota mais baixa foi sendo variada para ajustar os volumes de corte e aterro, como ilustrado na Figura 22.



**Figura 22: Ilustração de corte longitudinal do terreno.**

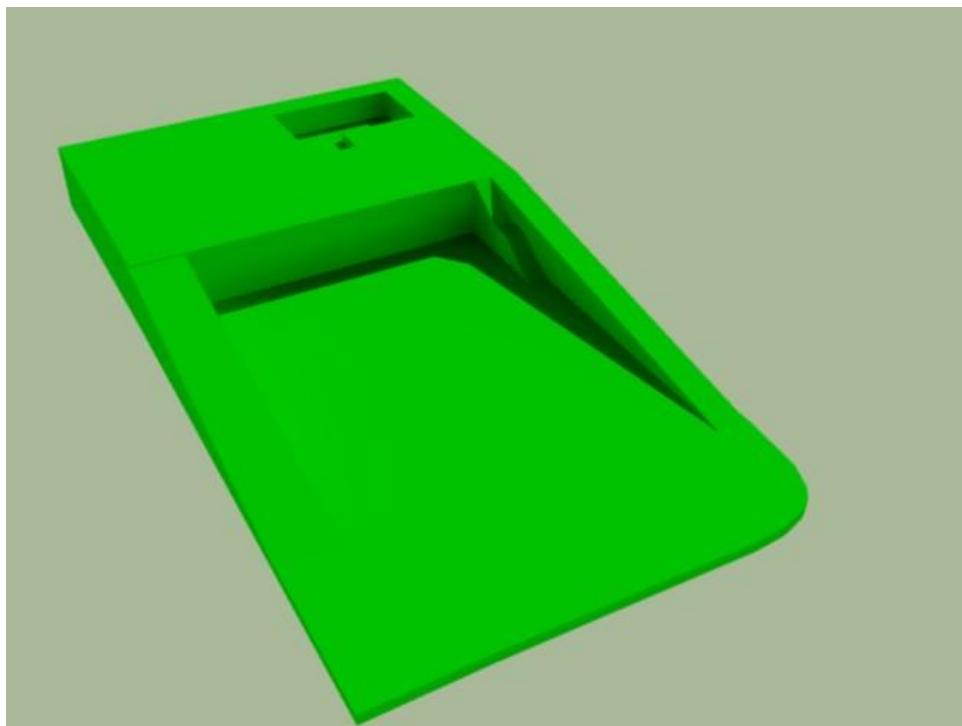
Devido o terreno do empreendimento ser irregular, não basta ser realizado estudo de movimentação para uma única seção longitudinal, seria necessário analisar diversos cortes e atribuir larguras de contribuição para cada um deles, algo que tomaria muito tempo e seria muito menos preciso devido à aproximação de um volume irregular de terra por um prisma de largura constante.

Optou-se, então, pela criação de um modelo tridimensional do terreno no software AutoCAD da Autodesk. A partir das curvas de nível obtidas a partir do levantamento topográfico, foi possível interpolar uma superfície e gerar um sólido do terreno natural, apresentado na Figura 23.



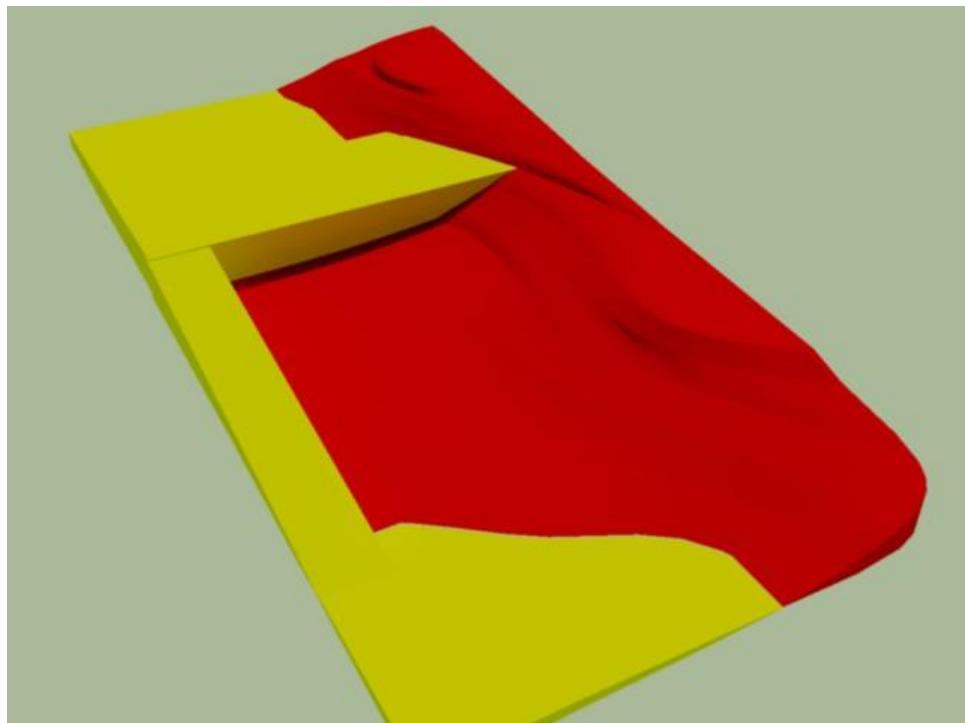
**Figura 23:** Sólido representando o terreno natural.

Também foi criado um sólido, a partir de formas geométricas básicas, para representar a do terreno após o movimento de terra (Figura 24).



**Figura 24:** Sólido representando a situação futura.

Ao se sobrepor os sólidos, foi realizada uma operação de subtração, primeiramente o terreno natural subtraído pelo terreno futuro, gerando um sólido que representa o volume de corte, em seguida o terreno futuro subtraído pelo terreno natural, gerando um sólido representativo do volume de aterro. A Figura 25 apresenta uma ilustração do processo, em amarelo o volume de aterro e em vermelho o volume de corte.



**Figura 25: Volume de corte e aterro.**

Com uso da ferramenta “Region/Mass Properties”, incluída no software AutoCAD, o volume dos sólidos é calculado e apresentado. O sólido que representa a situação futura do terreno foi sendo modificado, alterando a cota do nível mais baixo e mantendo o desnível de 3 metros em relação à cota mais alta no fundo do terreno. A primeira cota do nível mais baixo foi arbitrada em +100,50 e sendo alterada até encontrar a melhor relação Corte/Aterro.

Foi considerado um aumento do volume de corte devido ao empolamento sofrido durante a retirada do material de seu estado natural, que é mais compacto. Para definição do valor de empolamento foi consultada tabela reproduzida na Quadro 3.

**Quadro 3: Empolamento dos materiais (Fonte: Guimarães, N. 2001).**

MATERIAL	DENSIDADE	CONVERSÃO	EMPOLAMENTO	
	kg/m <sup>3</sup> solo	kg/m <sup>3</sup> corte	f	e %
Argila Natural	1661	2017	0,82	21
Argila Seca	1483	1839	0,8	25
Argila Molhada	1661	2076	0,8	25
Terra úmida	1602	2017	0,79	26
Terra seca	1513	1899	0,79	26
Arenito	1513	2522	0,59	69
Areia Seca solta	1424	1602	0,88	13
Areia Molhada	1839	2077	0,88	13
Pedra Britada	1602	2670	0,6	66
Terra úmida 50% rocha 50%	1721	2284	0,75	33
Pedras soltas Ø até 20 cm	1340	2670	0,5	100

Pelo estudo do solo realizado o material do terreno que mais se adéqua à tabela é argila natural, que apresenta valor de 21% de empolamento. Levando em consideração que haverá certo grau de compactação do solo utilizado para aterro, será adotado um acréscimo de 15% do volume de corte em relação ao volume de aterro.

A partir desses dados foi montada a Tabela 2 com o resumo dos resultados.

**Tabela 2: Relação da movimentação de terra para diferentes cotas do nível mais baixo na situação futura do terreno.**

Cota	Corte [m <sup>3</sup> ]	Aterro [m <sup>3</sup> ]	Empolamento	Relação	
				Corte/Aterro	Bota Fora [m <sup>3</sup> ]
+ 100,50	564	305	1,15	2,1	344
+ 100,70	472	367	1,15	1,5	176
+ 100,80	432	470	1,15	1,1	27
+ 101,00	345	484	1,15	0,8	-87

A partir desse estudo, definiu-se que a cota ideal para o nível mais baixo é +100,80, já que um bota fora negativo indica a necessidade da compra de terra, algo que traria maior custo ao empreendimento.

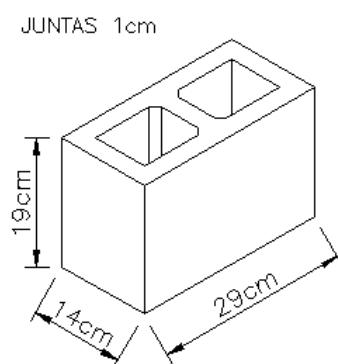
#### 4.4.3 Estrutura “A”

A estrutura da edificação foi composta por lajes treliçadas apoiadas sobre paredes de alvenaria estrutural. Essa escolha foi baseada na maior facilidade na execução da construção, dispensando ao máximo o uso de formas de madeira e integrando o sistema de vedação com a estrutura.

Segundo Franco (2012) as principais vantagens desse tipo de sistema são: técnica executiva simplificada, facilidade de treinamento de mão de obra, menor diversidade de materiais e mão de obra, facilidade no controle da execução, eliminação de interferências com outros sistemas presentes em um edifício, facilidade de integração com outros subsistemas presentes em um edifício, como sistema elétrico e hidráulico e maior facilidade de organização no processo de produção.

Após pesquisa ao endereço eletrônico do Guiamais ([www.guiamais.com.br](http://www.guiamais.com.br)) foi possível localizar 7 fornecedores de blocos estruturais de concreto na região de Mogi das Cruzes além de 2 outros fornecedores que informam atender à região, tornando a escolha viável no ponto de vista de fornecimento de material.

Nesta etapa do trabalho está apresentada a modulação das paredes, trabalhando-se com uma malha modular 15x15cm com dimensões de blocos indicadas na Figura 26. São indicadas a primeira fiada, pontos de concentração de tensões que deverão ser grauteados, direção de apoio das lajes e dimensionamento de sua espessura e armadura e lançamento da posição de vigas onde necessário.



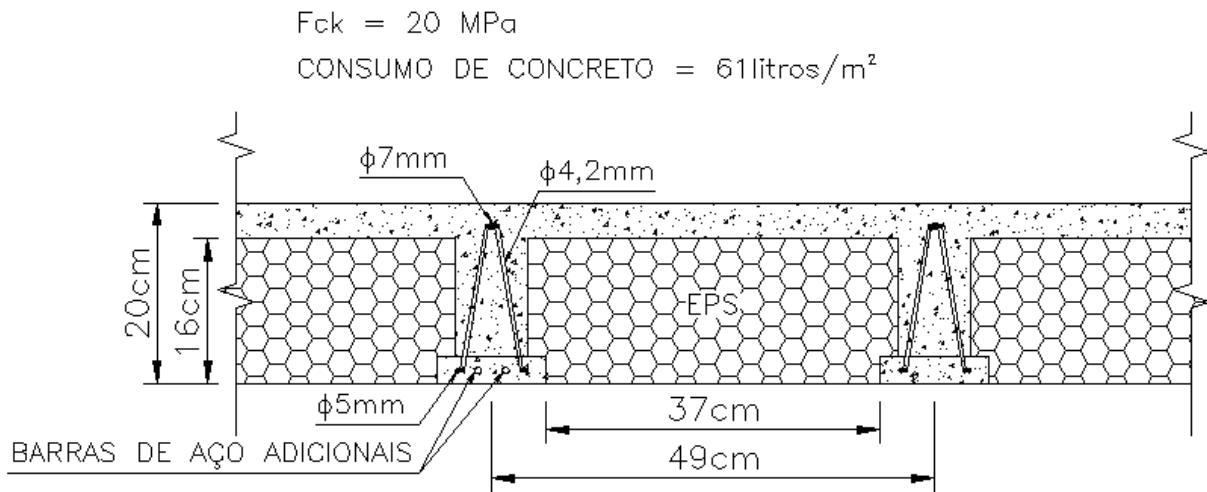
**Figura 26:** Detalhe do bloco estrutural utilizado.

A escolha desta geometria de bloco, denominados blocos de família 30, foi baseada na maior facilidade de modulação, visto que para esse tipo de bloco as duas dimensões em planta, ao se incluir a espessura das juntas, são múltiplas de 15 cm. Em alguns pontos será necessário o uso dos denominados “meio-blocos”, com dimensões de 14x14 cm em planta, para manter a modulação das paredes.

Para o dimensionamento das lajes treliçadas foi utilizado o Manual de Fabricação PUMA (Janeiro 2003), nele são apresentados quadros que indicam a armadura adicional a ser utilizada na treliça a partir da sobrecarga prevista e vão a ser vencido para cada altura de laje disponível.

Após um lançamento inicial da estrutura verificou-se que o maior vão a ser vencido pela laje é de 6,00 m; por esse motivo, foi escolhida laje nervurada treliçada de 20 cm de altura total, sendo 16 cm de nervura e 4 cm de capa de concreto e blocos de EPS para formar as nervuras com a menor massa possível.

A Figura 27 apresenta uma ilustração com as principais informações para o tipo de laje escolhida.



**Figura 27: Detalhe da laje treliçada escolhida.**

O Quadro 4 reproduz a tabela presente no Manual de Fabricação PUMA utilizada para dimensionamento das armaduras adicionais.

**Quadro 4: Armaduras adicionais para lajes de altura 20cm em função do vão a ser vencido e sobrecarga.**

Vão (m)												
	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
3,40	s/ adic	s/ adic	s/ adic	s/ adic	1¢ 4,2	1¢ 5,0	1¢ 6,3	2¢ 5,0	2¢ 5,0	3¢ 4,2	2¢ 6,3	2¢ 6,0
3,80	s/ adic	s/ adic	1¢ 4,2	1¢ 5,0	1¢ 6,3	2¢ 5,0	2¢ 5,0	2¢ 6,3	2¢ 6,0	1¢ 10,0	3¢ 6,3	3¢ 6,3
4,20	s/ adic	1¢ 4,2	1¢ 6,3	2¢ 5,0	2¢ 5,0	2¢ 6,3	2¢ 6,0	1¢ 10,0	3¢ 6,3	2¢ 8,0	1¢ 12,5	1¢ 12,5
4,60	1¢ 4,2	1¢ 6,3	2¢ 5,0	2¢ 6,3	2¢ 6,0	1¢ 10,0	3¢ 6,3	1¢ 12,5	1¢ 12,5	3¢ 8,0	3¢ 8,0	2¢ 10,0
5,00	1¢ 6,3	2¢ 5,0	2¢ 6,3	3¢ 5,0	3¢ 6,3	2¢ 8,0	1¢ 12,5	3¢ 8,0	3¢ 8,0	3¢ 10,0	3¢ 10,0	3¢ 10,0
5,40	2¢ 5,0	2¢ 6,3	1¢ 10,0	3¢ 6,3	1¢ 12,5	3¢ 8,0	3¢ 8,0	3¢ 10,0	3¢ 10,0	3¢ 10,0	3¢ 10,0	não OK
5,80	2¢ 6,3	1¢ 10,0	3¢ 6,3	1¢ 12,5	3¢ 8,0	2¢ 10,0	3¢ 10,0	3¢ 10,0	3¢ 10,0	não OK	não OK	não OK
6,00	2¢ 6,3	3¢ 6,3	2¢ 8,0	1¢ 12,5	3¢ 8,0	3¢ 10,0	3¢ 10,0	3¢ 10,0	não OK	não OK	não OK	não OK
6,20	2¢ 6,0	3¢ 6,3	1¢ 12,5	3¢ 8,0	2¢ 10,0	3¢ 10,0	3¢ 10,0	3¢ 10,0	não OK	não OK	não OK	não OK
6,40	1¢ 10,0	2¢ 8,0	1¢ 12,5	3¢ 8,0	3¢ 10,0	3¢ 10,0	3¢ 10,0	não OK				

No caso de lajes em balanço, foram utilizados os dados do quadro do Manual de Fabricação PUMA, reproduzido no Quadro 5**Erro! Fonte de referência não encontrada.**, sendo que LT representa a altura total da laje e Compr. Beiral o balanço medido em metros.

**Quadro 5: Armaduras para lajes em balanço.**

Tipo LT	Compr. Beiral	CARGA ACIDENTAL (kg/m <sup>2</sup> )								
		50	100	150	200	250	300	400	500	600
10	0,6	1 - 5,0	1 - 5,0	1 - 5,0	1 - 5,0	1 - 1/4	1 - 1/4	1 - 1/4	1 - 1/4	1 - 1/4
	0,8	1 - 5,0	1 - 5,0	1 - 1/4	1 - 1/4	1 - 1/4	1 - 1/4	1 - 5/16	1 - 5/16	2 - 1/4
	1,2	1 - 1/4	1 - 5/16	1 - 5/16	1 - 3/8	1 - 3/8	1 - 3/8	2 - 3/8	*	*
12	0,6	1 - 5,0	1 - 5,0	1 - 5,0	1 - 5,0	1 - 5,0	1 - 5,0	1 - 5,0	1 - 1/4	1 - 1/4
	0,8	1 - 5,0	1 - 5,0	1 - 5,0	1 - 1/4	1 - 1/4	1 - 1/4	1 - 1/4	1 - 1/4	1 - 5/16
	1	1 - 1/4	1 - 1/4	1 - 1/4	1 - 1/4	1 - 1/4	1 - 5/16	1 - 5/16	1 - 3/8	1 - 3/8
	1,2	1 - 1/4	1 - 1/4	1 - 5/16	2 - 1/4	2 - 1/4	1 - 3/8	2 - 5/16	2 - 5/16	2 - 5/16
	1,4	1 - 5/16	2 - 1/4	2 - 1/4	1 - 3/8	2 - 5/16	2 - 5/16	2 - 3/8	2 - 3/8	*
16	0,6	1 - 5,0	1 - 5,0	1 - 5,0	1 - 5,0	1 - 5,0	1 - 5,0	1 - 5,0	1 - 5,0	1 - 5,0
	0,8	1 - 5,0	1 - 5,0	1 - 5,0	1 - 5,0	1 - 5,0	1 - 5,0	1 - 1/4	1 - 1/4	1 - 5/16
	1	1 - 5,0	1 - 1/4	1 - 1/4	1 - 1/4	1 - 1/4	1 - 5/16	1 - 5/16	1 - 5/16	2 - 1/4
	1,2	1 - 1/4	1 - 5/16	1 - 5/16	1 - 5/16	1 - 5/16	1 - 5/16	2 - 1/4	1 - 3/8	1 - 3/8
	1,4	1 - 5/16	1 - 5/16	1 - 5/16	2 - 1/4	1 - 3/8	1 - 3/8	2 - 5/16	2 - 5/16	1 - 1/2
	1,6	1 - 5/16	2 - 1/4	1 - 3/8	1 - 3/8	2 - 5/16	2 - 5/16	1 - 1/2	1 - 1/2	2 - 3/8
20	0,6	1 - 5,0	1 - 5,0	1 - 5,0	1 - 5,0	1 - 5,0	1 - 5,0	1 - 5,0	1 - 5,0	1 - 5,0
	0,8	1 - 5,0	1 - 5,0	1 - 5,0	1 - 5,0	1 - 5,0	1 - 5,0	1 - 5,0	1 - 1/4	1 - 1/4
	1	1 - 5,0	1 - 5,0	1 - 5,0	1 - 1/4	1 - 1/4	1 - 1/4	1 - 5/16	1 - 5/16	1 - 5/16
	1,2	1 - 1/4	1 - 1/4	1 - 1/4	1 - 1/4	1 - 5/16	1 - 5/16	1 - 5/16	1 - 5/16	1 - 3/8
	1,4	1 - 5/16	1 - 5/16	1 - 5/16	1 - 5/16	1 - 5/16	2 - 1/4	1 - 3/8	1 - 3/8	2 - 5/16
	1,6	1 - 5/16	1 - 5/16	2 - 1/4	1 - 3/8	1 - 3/8	1 - 3/8	2 - 5/16	2 - 5/16	1 - 1/2
	1,8	2 - 1/4	2 - 1/4	1 - 3/8	1 - 3/8	2 - 5/16	2 - 5/16	1 - 1/2	1 - 1/2	2 - 3/8

Segundo informado pelo fabricante, o peso próprio acrescido de uma carga permanente de 30 kg/m<sup>2</sup> ou 0,30 kN/m<sup>2</sup> estão considerados na construção dessas referências e para compor a “Carga Acidental”, deve-se adicionar outras eventuais cargas permanentes, além da sobrecarga recomendada por norma para esse tipo de edificação.

Na consideração das cargas permanentes distribuídas foi tomada a massa específica do sistema de revestimento horizontal, a partir dos dados reproduzidos no Quadro 6.

**Quadro 6: Peso específico dos materiais de construção. (Fonte: ABNT NBR 6120, 1980)**

		Materiais	Peso específico aparente (kN/m <sup>3</sup> )
1 Rochas	Arenito	26	
	Basalto	30	
	Gneiss	30	
	Granito	28	
	Mármore e calcáreo	28	
2 Blocos artificiais	Blocos de argamassa	22	
	Cimento amianto	20	
	Lajotas cerâmicas	18	
	Tijolos furados	13	
	Tijolos maciços	18	
3 Revestimentos e concretos	Tijolos sílico-calcáreos	20	
	Argamassa de cal, cimento e areia	19	
	Argamassa de cimento e areia	21	
	Argamassa de gesso	12,5	
	Concreto simples	24	
	Concreto armado	25	

Como os tipos exatos de revestimento ainda não foram escolhidos foram adotadas características típicas de revestimentos horizontais para esse tipo de edificação. Assim, as cargas adotadas foram:

- Contrapiso, espessura 2 cm – peso específico da argamassa (cimento e areia) 21 kN/m<sup>3</sup>
- Revestimento de mármore, espessura 1 cm – peso específico 28 kN/m<sup>3</sup>
- Forro de gesso acartonado espessura 1,25 cm – peso específico 8 kN/m<sup>3</sup> (fonte: armazemdogesso.com)

Para a carga permanente (CP) distribuída por metro quadrado deve-se multiplicar o peso específico dos materiais pela sua espessura, resultando:

$$CP \text{ distribuída} = 21 \times \frac{2}{100} + 28 \times \frac{1}{100} + 8 \times \frac{1,25}{100} = 0,80 \text{ kN/m}^2$$

A sobrecarga accidental será utilizada como recomendado pela tabela 2 da ABNT NBR 6120, 1980 para edifícios residenciais, que estipula 1,50 kN/m<sup>2</sup>.

Para as cargas permanentes de alvenarias de vedação, ou seja, paredes de alvenaria que se encontram apoiadas no vão das lajes, foi realizada análise da distribuição dessas cargas ao longo de toda a laje com auxílio do método dos elementos finitos, visto que a posição da parede tem influência direta sobre os esforços solicitantes na laje. As considerações sobre o método adotado e resultados obtidos estão apresentadas adiante.

A carga distribuída linearmente para a parede de alvenaria, considerando pé-direito de 2,80 m e o peso por metro quadrado de parede de blocos vazados de concreto com espessura de 14 cm como sendo 1,7 kN/m<sup>2</sup> de acordo com a tabela 3 das Instruções para Utilização das Tabelas de Dimensionamento TATU ([www.tatu.com.br](http://www.tatu.com.br)) é de:

$$2,80 \times 1,7 = 4,76 \text{ kN/m}_{\text{linear}}$$

Para maior facilidade de cálculos será adotado 4,8 kN/m<sub>linear</sub>

As lajes que possuem paredes apoiadas estão indicadas na Figura 28 e Figura 29.

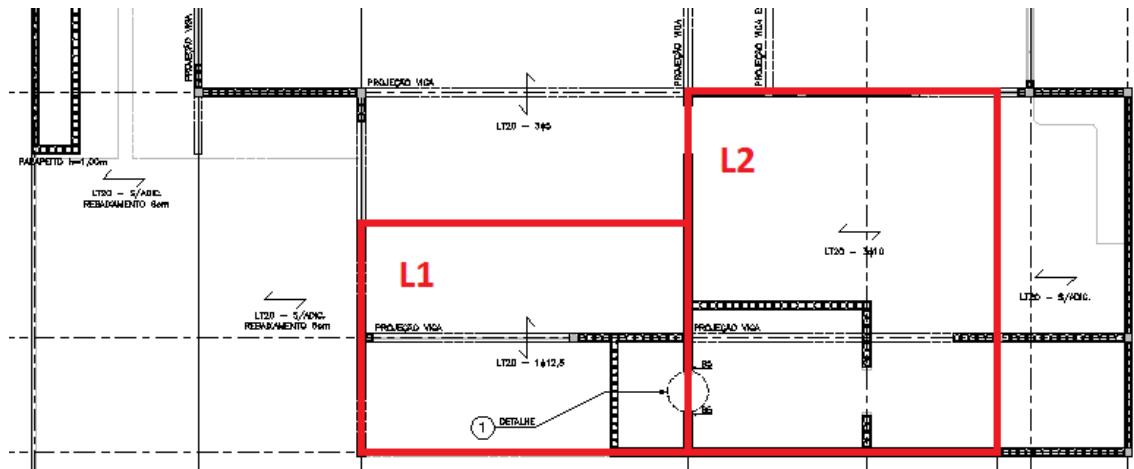


Figura 28: Lajes com carga de alvenaria no primeiro pavimento.

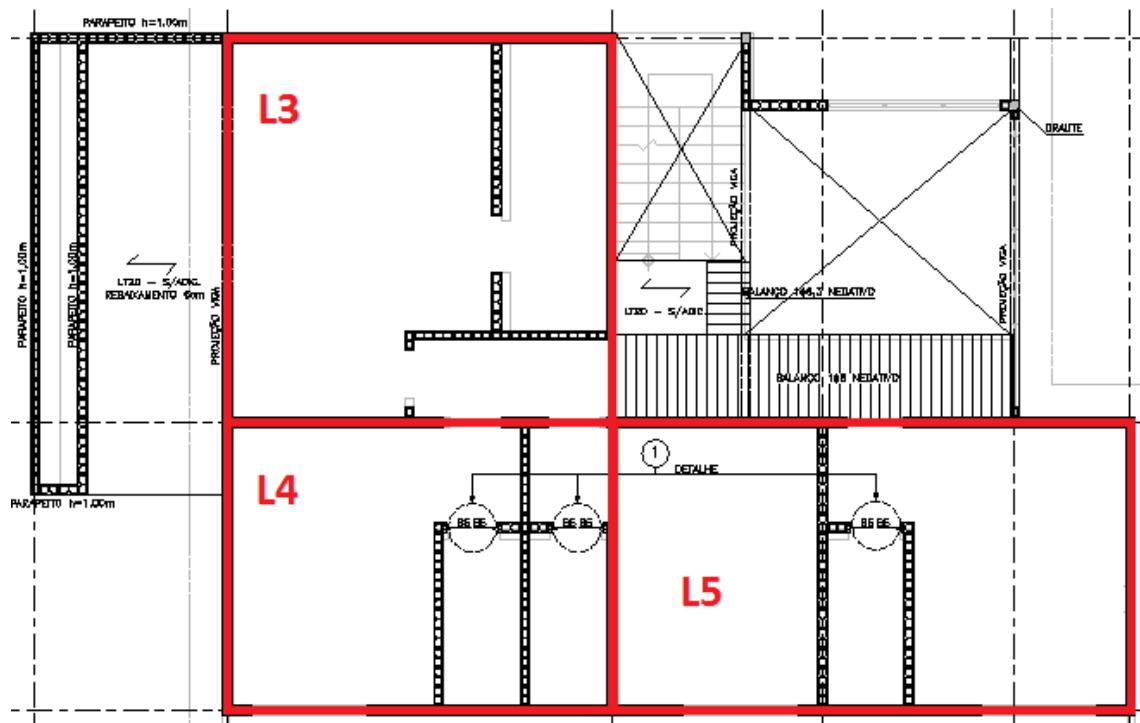
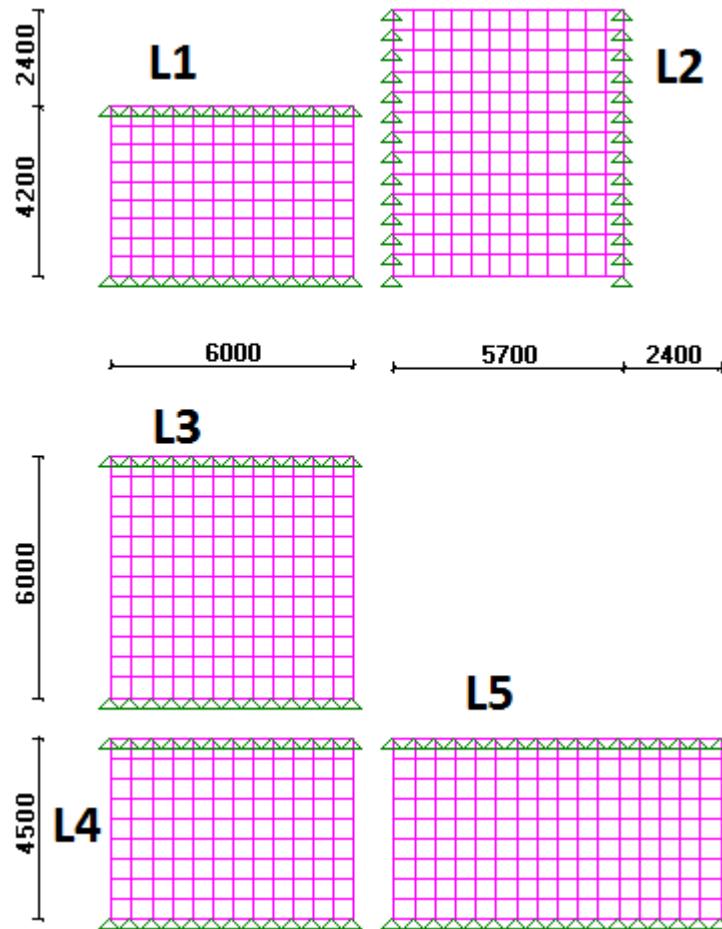


Figura 29: Lajes com carga de alvenaria no segundo pavimento.

As lajes indicadas foram modeladas no software STRAP da ATIR como elementos finitos espaçados de 0,5 metro e apoiados em uma única direção de acordo com a Figura 30.

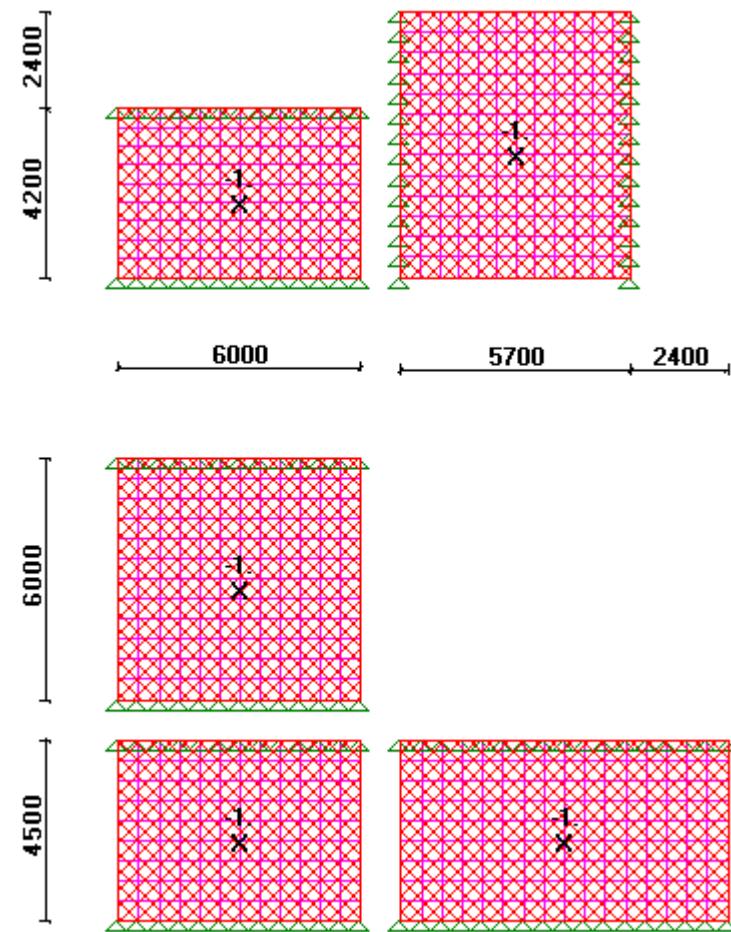


**Figura 30: Modelagem das lajes, medidas em milímetros.**

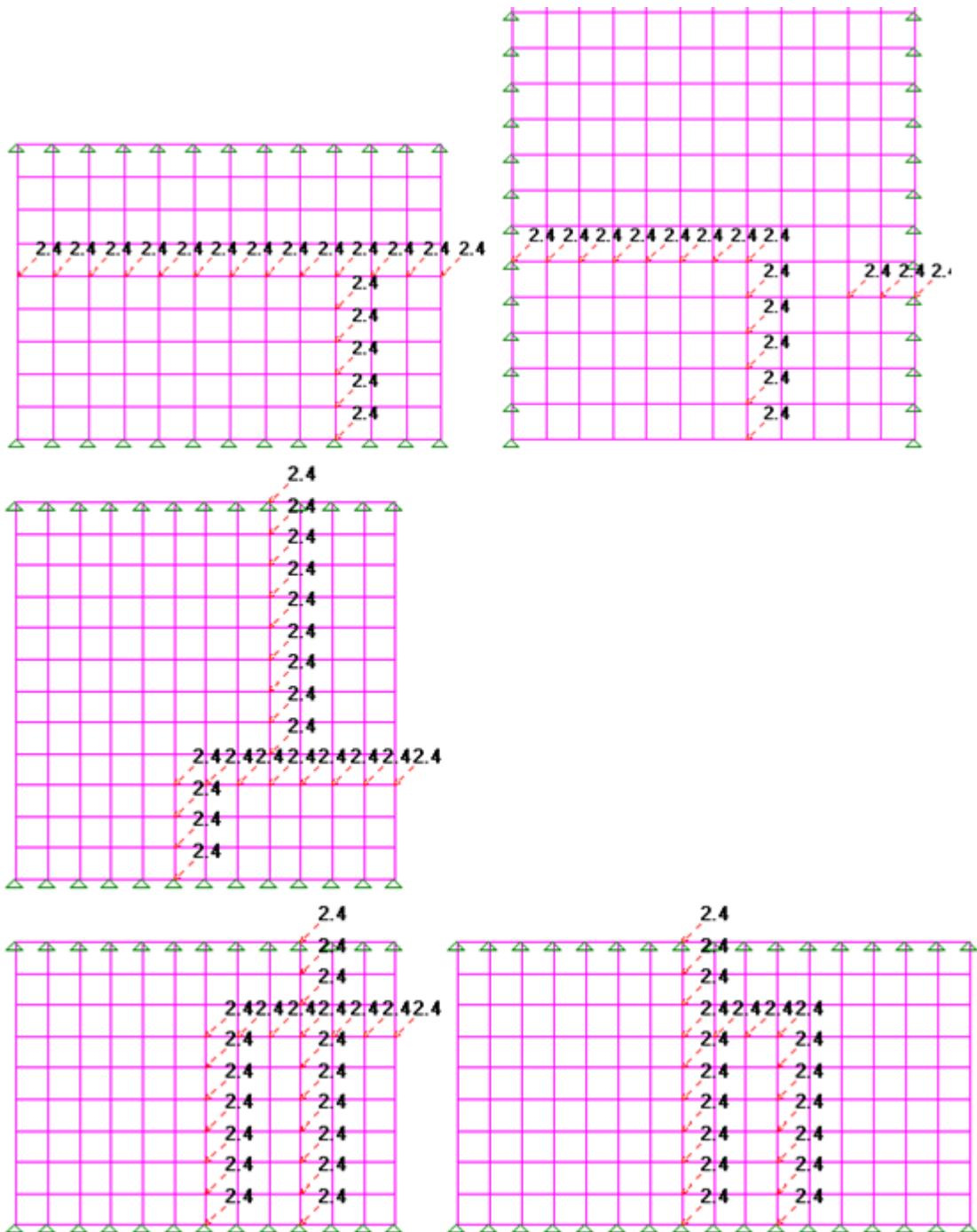
Os modelos das lajes foram carregados com 1,0 kN/m<sup>2</sup> em toda sua área e posteriormente por cargas pontuais aplicadas nos nós dos elementos de 2,4 kN representando as paredes, já que o espaçamento entre nós é de 0,5 m.

Foram analisados os resultados para cada tipo de carga e feita uma correlação entre os momentos máximos provenientes das cargas pontuais de alvenaria e os momentos máximos de uma carga distribuída genérica para utilização das tabelas de dimensionamento apresentadas anteriormente.

Os carregamentos computados estão representados na Figura 31 e Figura 32.



**Figura 31: Carregamentos distribuídos.**



**Figura 32: Cargas nodais de alvenaria.**

Os resultados da Figura 33 à Figura 42 apresentam o mapa de contorno dos valores de momento juntamente com um quadro indicando o valor máximo.

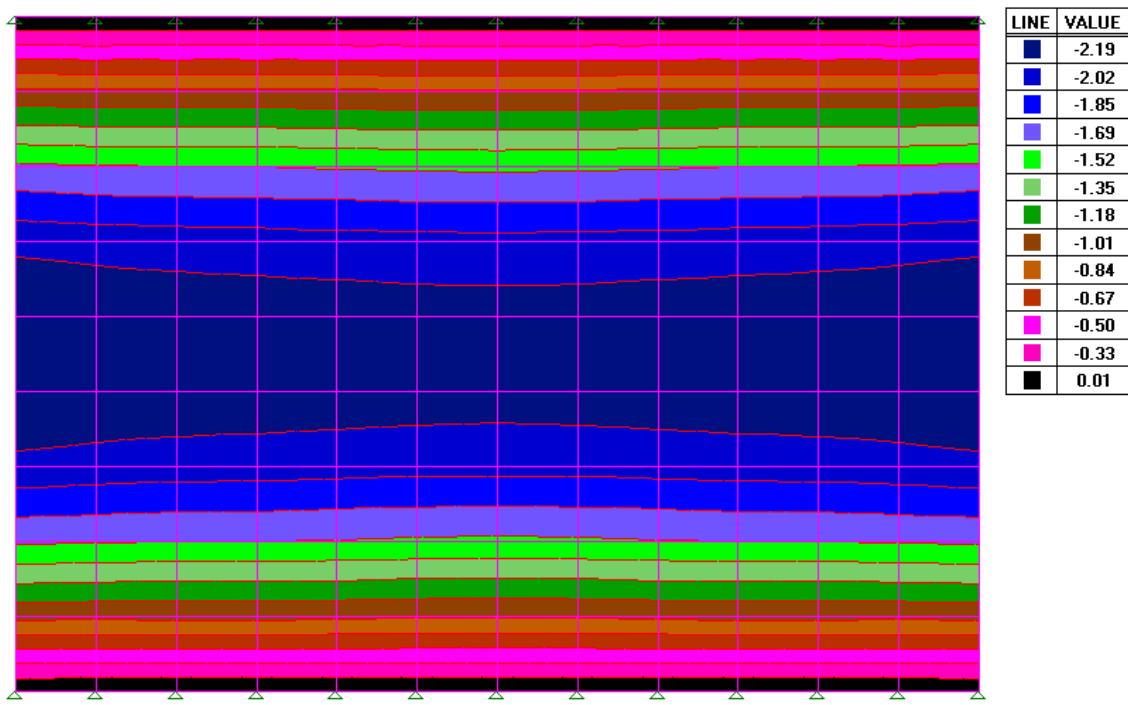


Figura 33: Momentos da laje L1 para carga distribuída de 1,0 kN/m<sup>2</sup>.

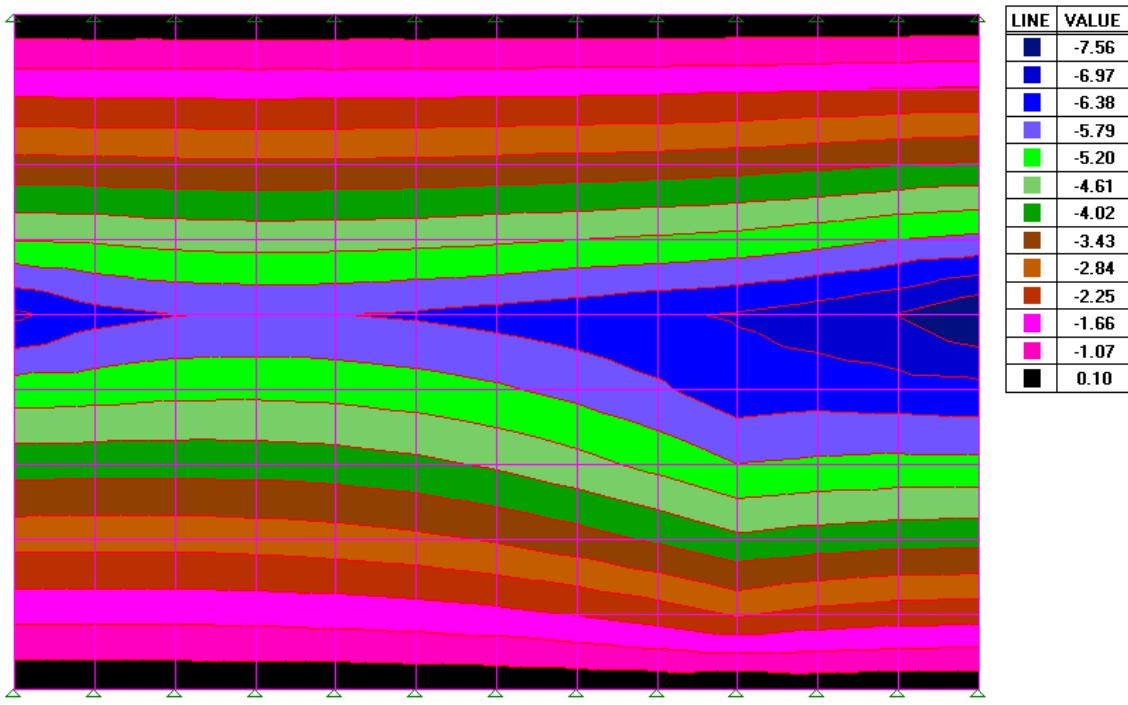


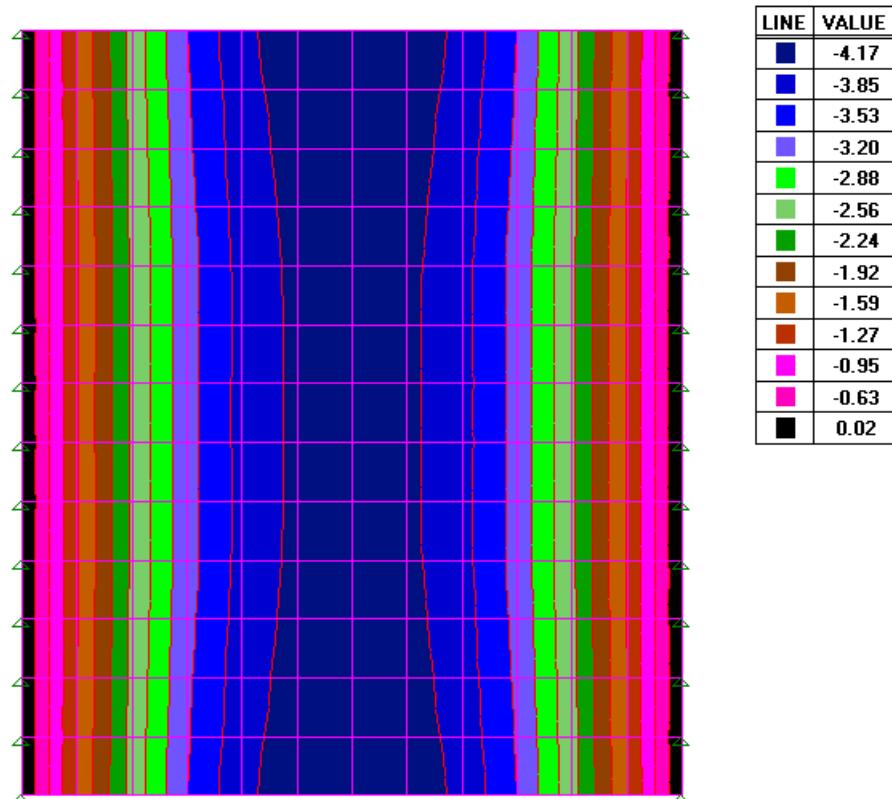
Figura 34: Momentos da laje L1 para carga de alvenaria.

De acordo com a Figura 33, para a carga distribuída, o momento máximo obtido foi de 2,19 kN.m/m e para a carga concentrada 7,56 kN.m/m (Figura 34). Visto que a carga distribuída possuí valor de 1,0 kN/m<sup>2</sup>, a carga de alvenaria é equivalente, em questão de momento atuante máximo, a uma carga de:

$$\frac{7,56}{2,19} = 3,45 \text{ kN/m}^2$$

Será adotado um valor equivalente distribuído de 3,5 kN/m<sup>2</sup> ou 350 kg/m<sup>2</sup> para a carga de alvenaria na laje L1.

Adiante estão representados os valores das demais lajes. O mesmo procedimento de equivalência de cargas será adotado.



**Figura 35: Momentos da laje L2 para cara distribuída de 1,0 kN/m<sup>2</sup>.**

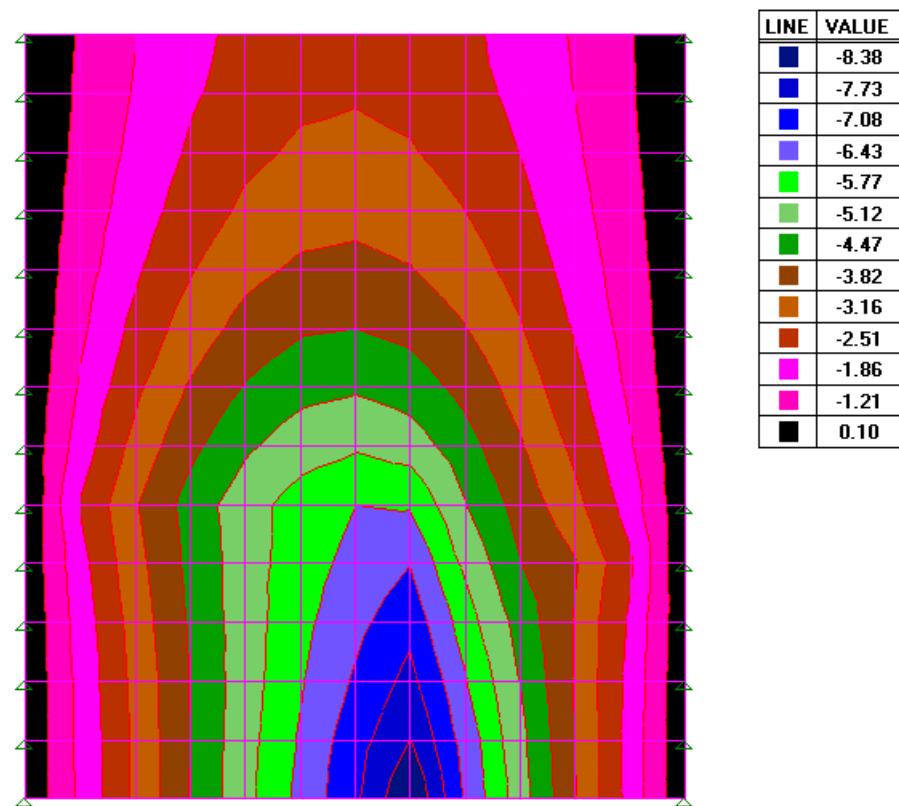


Figura 36: Momentos da laje L2 para carga de alvenaria.

Será adotada carga equivalente de 200 kg/m<sup>2</sup>.

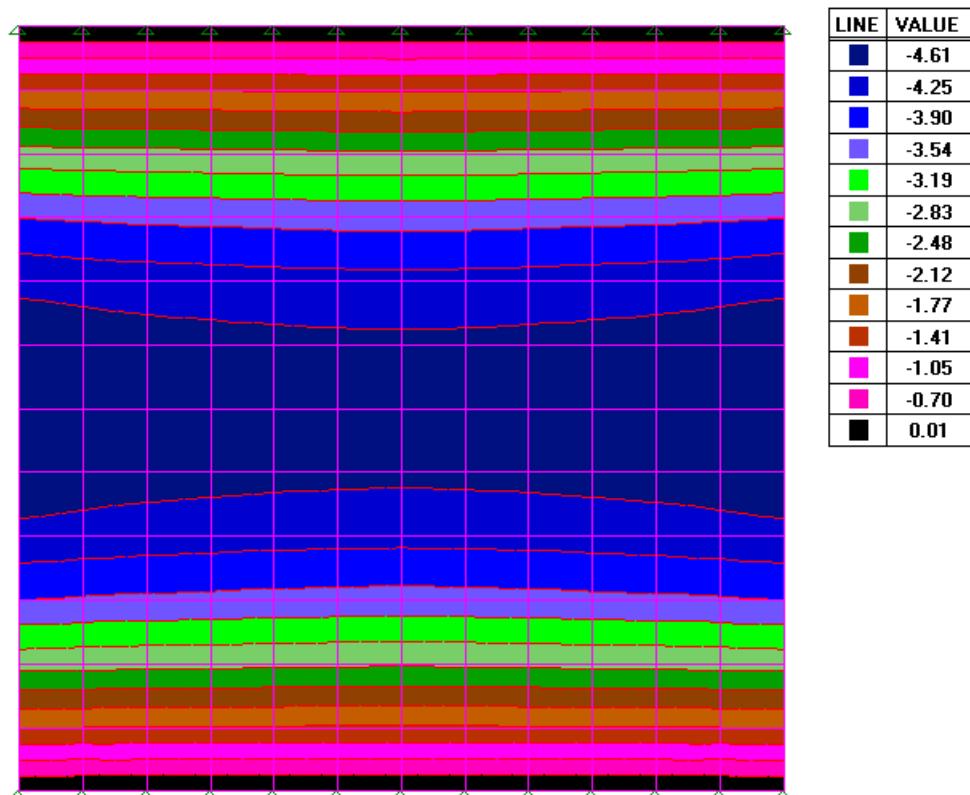


Figura 37: Momentos da laje L3 para carga distribuída de 1,0 kN/m<sup>2</sup>.

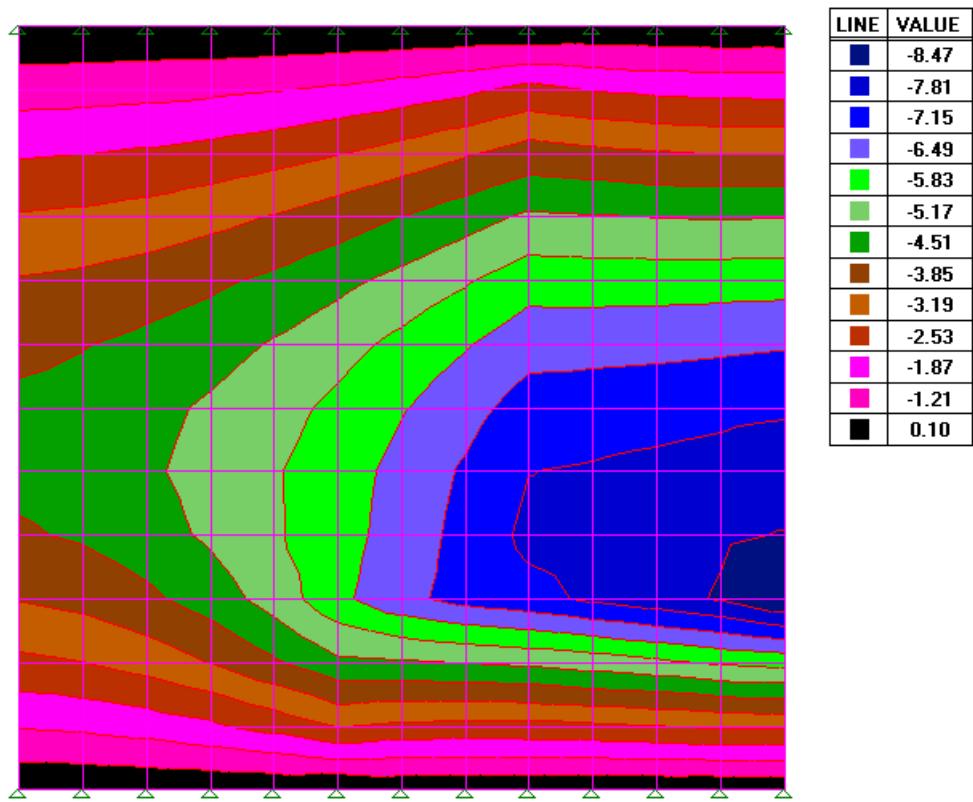


Figura 38: Momentos da laje L3 para carga de alvenaria.

Será adotada carga equivalente de 200 kg/m<sup>2</sup>.

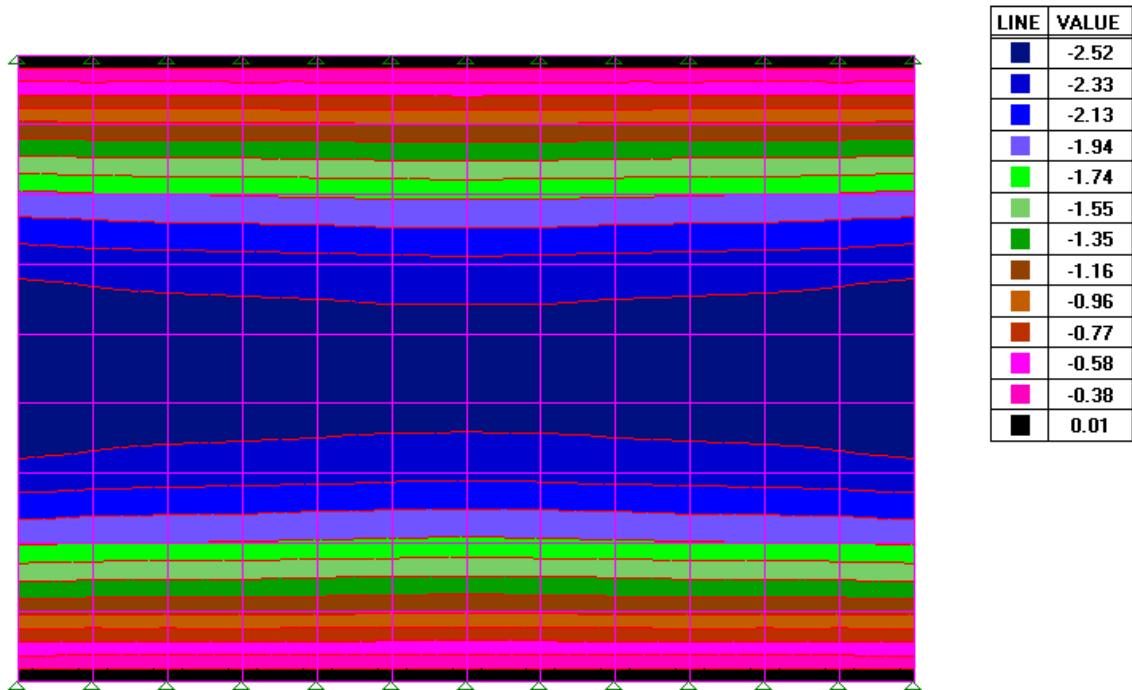


Figura 39: Momentos da laje L4 para carga distribuída de 1,0 kN/m<sup>2</sup>.

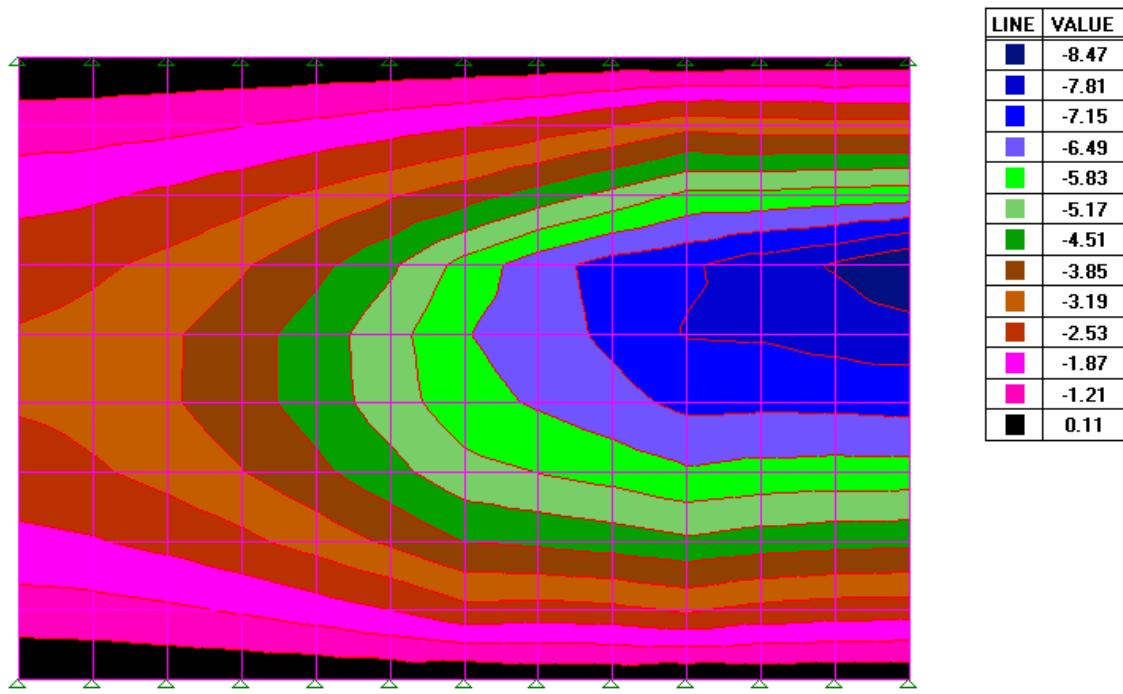


Figura 40: Momentos da laje L4 para carga de alvenaria.

Será adotada carga equivalente de 350 kg/m<sup>2</sup>.

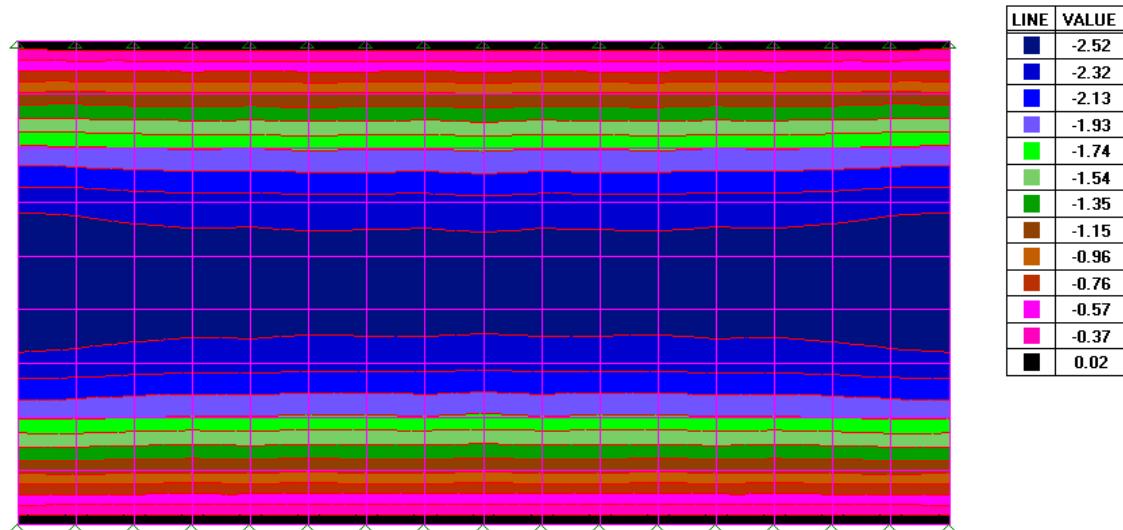
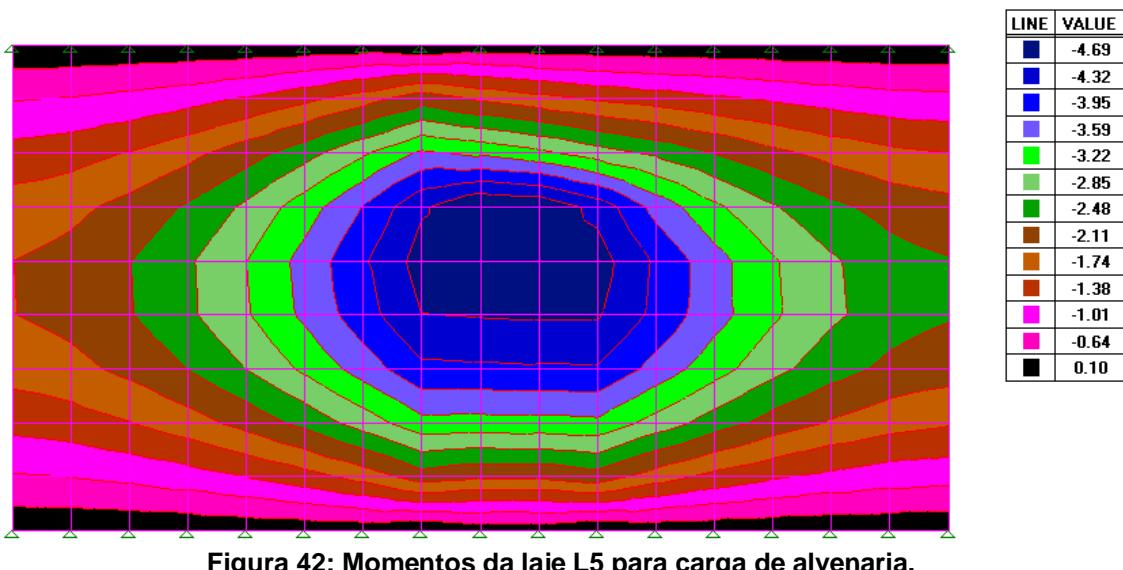


Figura 41: Momentos da laje L5 para carga distribuída de 1,0 kN/m<sup>2</sup>.



**Figura 42: Momentos da laje L5 para carga de alvenaria.**

Será adotada carga equivalente de 200 kg/m<sup>2</sup>.

Em resumo, para utilização das tabelas PUMA, serão somadas as cargas permanentes de 0,80 kN/m<sup>2</sup>, a carga acidental de 1,50 kN/m<sup>2</sup> e as cargas equivalentes de alvenaria encontradas na análise por elementos finitos para as respectivas lajes, lembrando que nas tabelas de dimensionamento já são considerados o peso-próprio e uma carga de 0,30 kN/m<sup>2</sup>.

O desenho resultante está presente no apêndice C neste trabalho.

#### **4.4.4 Sistemas Prediais “A”**

Em todo projeto de edificação encontram-se os sistemas prediais, que consistem nos diversos sistemas de serviço de um prédio para que seja possibilitada a sua ocupação e utilização. O conjunto desses sistemas deve ser pensado de maneira a atender às necessidades dos usuários, sendo que este conjunto deve ser proposto e elaborado nas fases iniciais de projeto (na concepção arquitetônica se possível), pois sua execução implica em inúmeras interferências com os demais subsistemas de um edifício.

Para o caso de uma edificação residencial, que é o alvo de interesse, os principais sistemas prediais a serem discutidos e projetados são aqui elencados e discutidos na sequencia:

- Sistema de Água Fria
- Sistema de Água Quente
- Sistema de Esgoto Sanitário
- Sistema Elétrico e de Iluminação
- Sistema de Gás Combustível
- Sistema de Ar Condicionado
- Sistema de Drenagem de Águas pluviais

##### **4.4.4.1 Sistema de Água Fria:**

O sistema de suprimento de água fria indicado para o projeto é o “Sistema Indireto por Gravidade”, pois o reservatório elevado “caixa d’água” é um elemento indispensável em uma residência em função das condições de abastecimento no Brasil. Pode ser facilmente instalado na cobertura, desde que seja previsto desde a concepção básica do projeto. Assim, esse sistema, que é capaz de garantir o fornecimento de água de maneira ininterrupta (pois não depende da vazão intermitente da rede pública) e sem a necessidade de pressurização (se instalado de maneira adequada) é o mais adequado para o caso em estudo.

As passagens das prumadas de água fria tiveram seu caminhamento definido passando por “shafts” que serão cobertos por paredes “drywall” verde, uma vez que se encontram em áreas molhadas como banheiros, cozinhas, lavanderias e lavabos.

O pré-dimensionamento das prumadas e do reservatório elevado levou em conta o número de moradores, os consumos diários médios e o histórico de falhas

de fornecimento de água na rede pública da região, conforme relato da proprietária do terreno.

Com esses dados, chegou-se à conclusão de que seriam necessários, no mínimo, 3000l de água reservada, sendo esse volume distribuído entre duas caixas d'água de 1500l cada uma, de maneira a otimizar a ocupação do espaço na cobertura destinado ao apoio delas.

#### **4.4.4.2 Sistema de Água Quente:**

O sistema de suprimento de água quente indicado para o projeto é o de aquecedores de acumulação a gás combustível (gás natural encanado), com reservatório de acumulação de água quente vertical (“boiler”), aliados a um sistema de aquecimento solar completo atendendo as leis de aquecimento solar nº 14.459, que dispõe sobre a necessidade desse tipo de aquecimento para residências com número de banheiros igual ou superior a quatro. O sistema de pré-aquecimento de água por energia solar ficará encarregado de atender até 40% da demanda de água quente nos banheiros da edificação e, majoritariamente, atender a demanda por água quente da piscina aquecida situada na área externa.

A escolha desse sistema em relação ao tradicional sistema de aquecimento elétrico se deu em razão de uma preferência da proprietária que está ciente do maior conforto térmico e de vazão proporcionados pelo sistema a gás, bem como dos elevados custos envolvidos na sua implantação.

O sistema de recirculação de água quente será do tipo forçado com escolha de bombas adequadas à temperatura do sistema. Esse sistema é previsto com o intuito de garantir maior conforto dos usuários que receberão água quente no local de interesse, de maneira imediata, sem a necessidade da espera da circulação da água fria estacionada nas tubulações. Há também uma questão de sustentabilidade, pois se não tiver o recirculador, o gasto com água será maior.

As passagens das prumadas de água fria tiveram seu caminhamento definido passando por “shafts” que serão cobertos por paredes “drywall” verde, uma vez que se encontram em áreas molhadas como banheiros, cozinhas, lavanderias e lavabos.

O pré-dimensionamento das prumadas e do reservatório de água quente (“boiler”) levou em consideração os mesmos dados fornecidos para o dimensionamento do sistema de água fria.

Com esses dados fornecidos pela proprietária chegou-se à conclusão de que seria necessário um reservatório de capacidade de, no mínimo, 400l.

#### **4.4.4.3 Sistema de Esgoto Sanitário**

O sistema de coleta de esgoto sanitário especificado para o projeto foi o sistema com ventilação secundária. Serão necessários três tubos de queda que se interconectarão por conectores e subconectores no primeiro pavimento da edificação anteriormente à caixa de inspeção e da ligação da rede pública.

As passagens das prumadas de esgoto sanitário estão definidas em projeto, e serão instaladas em “shafts” cobertos por paredes “drywall” verde em áreas molhadas como banheiros, cozinhas, lavanderias e lavabos até o primeiro andar. O caminhamento horizontal ao longo das lajes se dará por meio de forros falsos quando houver a necessidade.

O pré-dimensionamento das prumadas de esgoto (tubo de queda e ventilação), levou em consideração os dados de consumo de água da proprietária, da declividade máxima estimada das passagens das tubulações horizontais pelos forros sob lajes e o número de pavimentos da edificação.

Com estes dados chegou-se à conclusão de que o tubo de queda teria, no mínimo, um diâmetro de 100 mm e o tubo de ventilação um diâmetro de, no mínimo, 40mm, e serão compostos de material polimérico PVC. Isso inclui os ramais e conexões hidráulicas do sistema.

#### **4.4.4.4 Sistema Elétrico e de Iluminação**

O sistema elétrico e de iluminação do projeto foi concebido de forma a atender às prescrições da norma ABNT NBR 5410, 2004.

Para facilitar a determinação das potências de pontos de iluminação e quantidades de tomadas de uso específico (PTUE's) e tomadas de uso geral (PTUG's) foi elaborada uma seguinte tabela de dimensionamento do sistema elétrico (Tabela 3). Esta tabela foi elaborada baseada nas diversas áreas da edificação que necessitam de iluminação, tomadas e, consequentemente, previsão de passagens de condutos elétricos.

**Tabela 3: Tabela de dimensionamento das cargas elétricas do projeto “A”**

Pavimento/Informação	Pontos de Iluminação				PTUG'S		PTUE'S			
	dependencia	area (m <sup>2</sup> )	perímetro (m)	potencia de iluminacao (VA)	Quantidade min	potência (VA)	discriminação	potência (W)	Conduite (m)	
Térreo	garagem*	76.5	37.5	1120	1	100	alimentação carro elétrico	400	48.3	
	hall entrada	45.09	28.2	640	6	600	-	-	59.2	
	escritorio	23.6925	19.8	340	4	400	-	-	42.5	
	home theater	32.175	22.7	460	5	500	-	-	44.4	
	sala de jogos	35.475	23.9	520	5	500	-	-	48.9	
	lavabo	2.64	6.8	100	1	100	-	-	16.2	
1º andar	sala	111.4275	55.7	1660	12	1200	-	-	131.7	
	lavabo	2.64	6.8	100	1	100	-	-	11.9	
	cozinha	32.6025	24.6	460	5	800	geladeira, freezer e lavalouças	2000	79.1	
	lavanderia	9.0675	13.2	100	3	600	maquina de lavar e secadora	2200	40.2	
	quarto empr.	8.0325	11.4	100	3	300	-	-	30.7	
	banho empr.	2.34	6.3	100	1	600	-	-	11.1	
	terraço*	93	65.3	1360	1	100	-	-	0	
2º andar	suíte grande	22.545	20.1	340	5	500	ar-condicionado	1000	42.8	
	banho suite grande	6.75	12	100	3	600	-	-	21.3	
	suite 1	15.8625	17.7	220	4	400	ar-condicionado	1000	32	
	banho suite 1	3.12	7.6	100	1	600	-	-	9.6	
	suite 2	15.8625	17.7	220	4	400	ar-condicionado	1000	30.8	
	banho suite 2	3.12	7.6	100	1	600	-	-	9.6	
	suite 3	16.515	18	220	4	400	ar-condicionado	1000	31.5	
	banho suite 3	3.12	7.6	100	1	600	-	-	9.6	
	hall dormitorios	20.46	30.3	280	7	700	-	-	36.6	
Totais		582.0375	460.8	8740	78	10700		11	8600	788

A partir desta tabela determinou-se a potência total ativa do sistema e com isso foi possível propor o tipo de fornecimento de energia elétrica mais adequado (trifásico, bifásico ou monofásico). E, com isso, determinar o padrão de entrada da rede elétrica na residência e dimensionar a caixa de medição e os demais componentes da rede.

O desenho resultante está presente no apêndice D neste trabalho.

## 5 DESENVOLVIMENTO NO 2º SEMESTRE

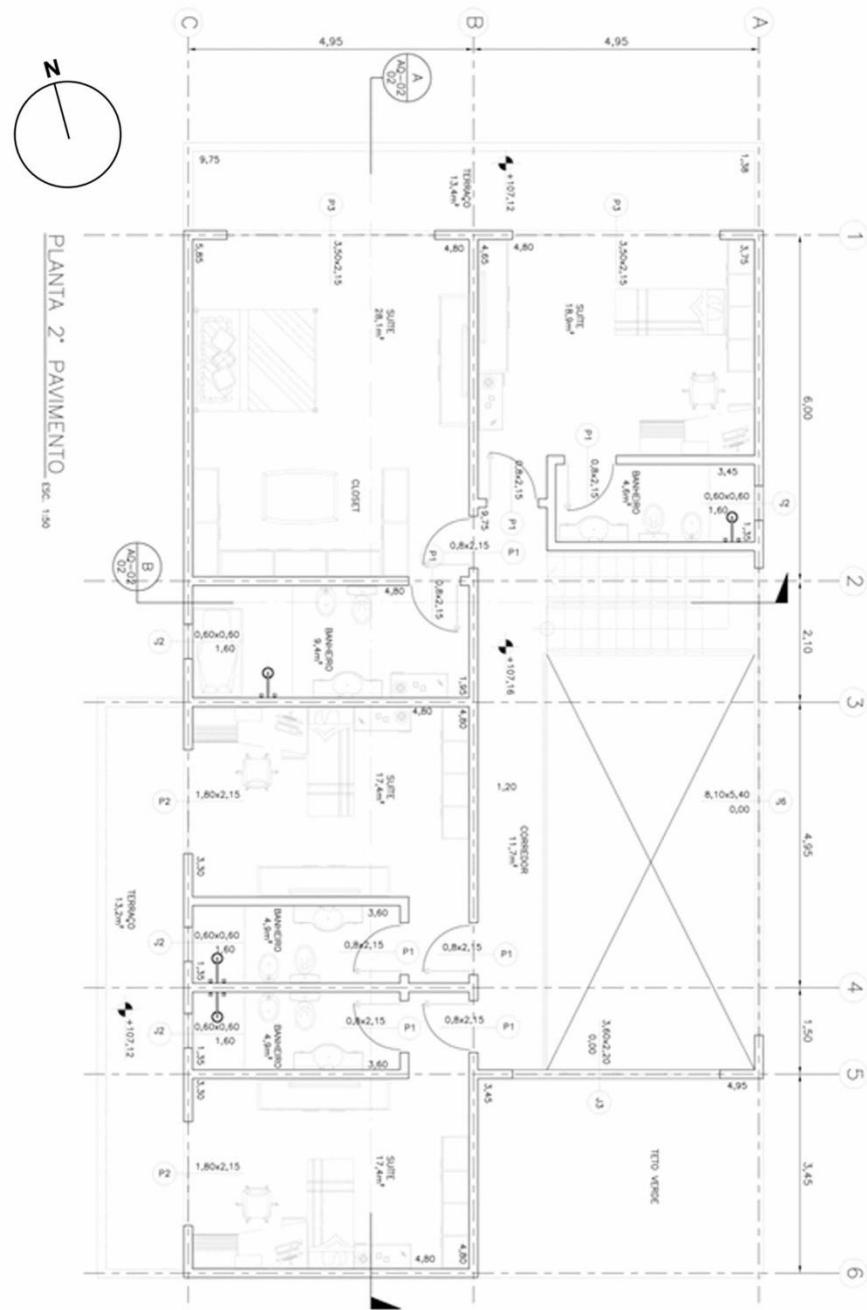
### 5.1 Arquitetura “B”

Com a experiência adquirida com o projeto inicial começou a ser concebida uma nova planta arquitetônica. Tomou-se cuidado na disposição dos eixos, modulados em 15 cm como no projeto anterior, já que a mudança deles, após a sua concepção, acarretaria em sérios problemas vivenciados anteriormente. Portanto criaram-se três eixos horizontais espaçados 4,95m, esses eixos ditariam a largura dos cômodos. Os eixos verticais seriam colocados de acordo com as paredes dos cômodos, espaçados de forma que tivessem uma área efetiva que ficasse de acordo com o ambiente.

No projeto anterior os problemas que causaram a má distribuição da estrutura foi o não alinhamento das paredes de alvenaria entre os andares. Como as paredes muitas vezes não ficaram uma sobre as outras, foi preciso que se colocassem vigas que acabavam atravessando os cômodos e consequentemente prejudicavam a arquitetura. Tentaram-se alterações no posicionamento das paredes para solucionar o problema, mas ao mudar uma parede de lugar era preciso reposicionar o eixo e isso causava uma reestruturação de todos os andares, ou seja, ao se resolver um problema outros problemas eram criados. Era preciso haver uma hierarquia de influência entre os andares, definir qual andar é mais importante de modo que o andar mais influente ditasse a posição dos eixos.

Concluiu-se que o último andar, onde se situam os quartos, seria o que definiria os eixos. Isso porque as quatro suítes têm tamanho maior do que no projeto anterior e a suíte principal necessitava de um closet e uma banheira, algo mais coerente com o padrão do empreendimento.

Com as quatro suítes situadas em um mesmo andar, a mínima mudança na disposição dos eixos interferiria enormemente no tamanho dos quartos; deste modo, uma vez concebidas, não seria permitido alterá-las. A arquitetura do terceiro andar está apresentada na Figura 43.



**Figura 43: Arquitetura interna do terceiro pavimento – Arquitetura “B”**

O terceiro pavimento acomoda as quatro suítes com as seguintes dimensões internas:

- Suíte principal:  
Quarto:  $28,1 \text{ m}^2$

Banheiro: 9,4 m<sup>2</sup>

- Suítes menores:

Quarto: 17,4 m<sup>2</sup>

Banheiro: 4,9 m<sup>2</sup>

- Suíte ao lado da principal:

Quarto: 18,9 m<sup>2</sup>

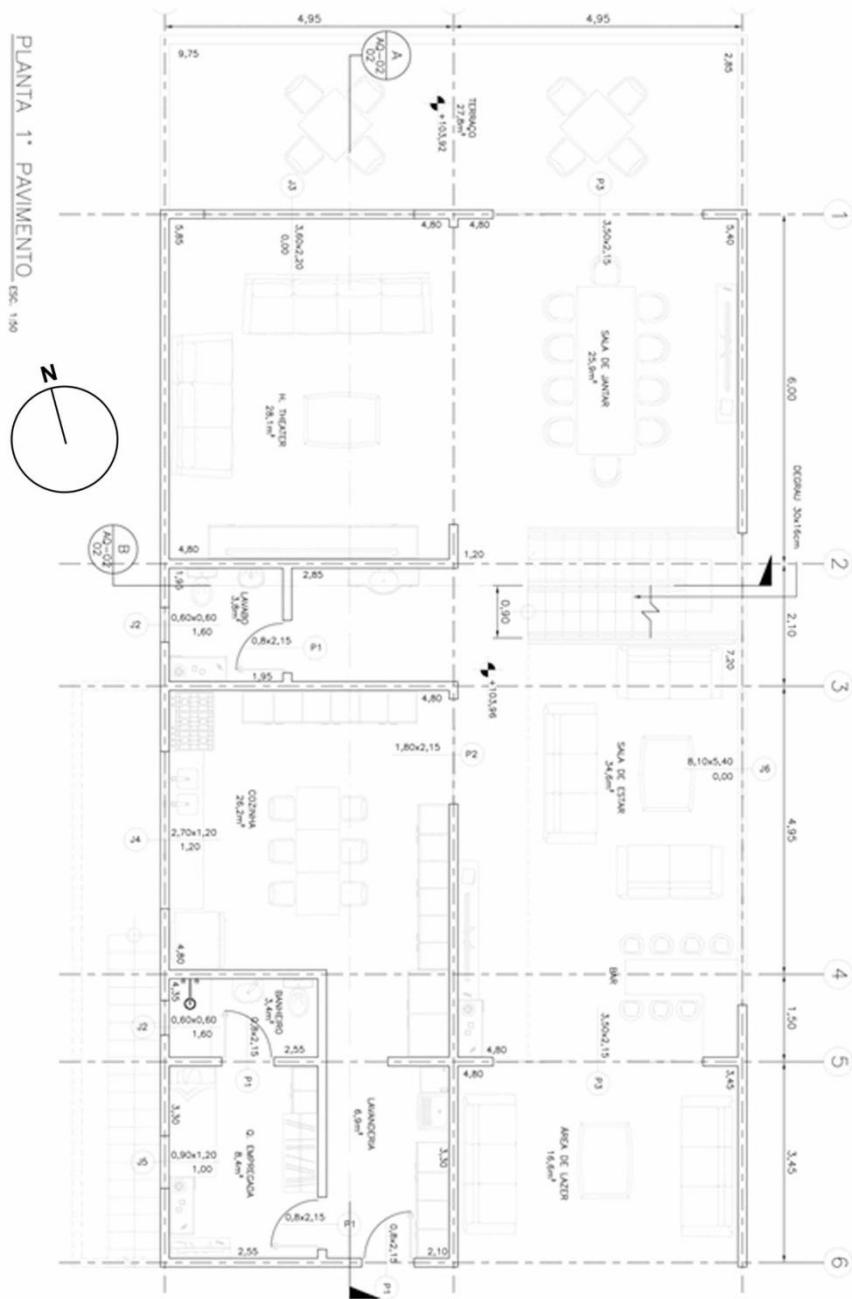
Banheiro: 4,6 m<sup>2</sup>

- Largura do corredor: 1,2 m

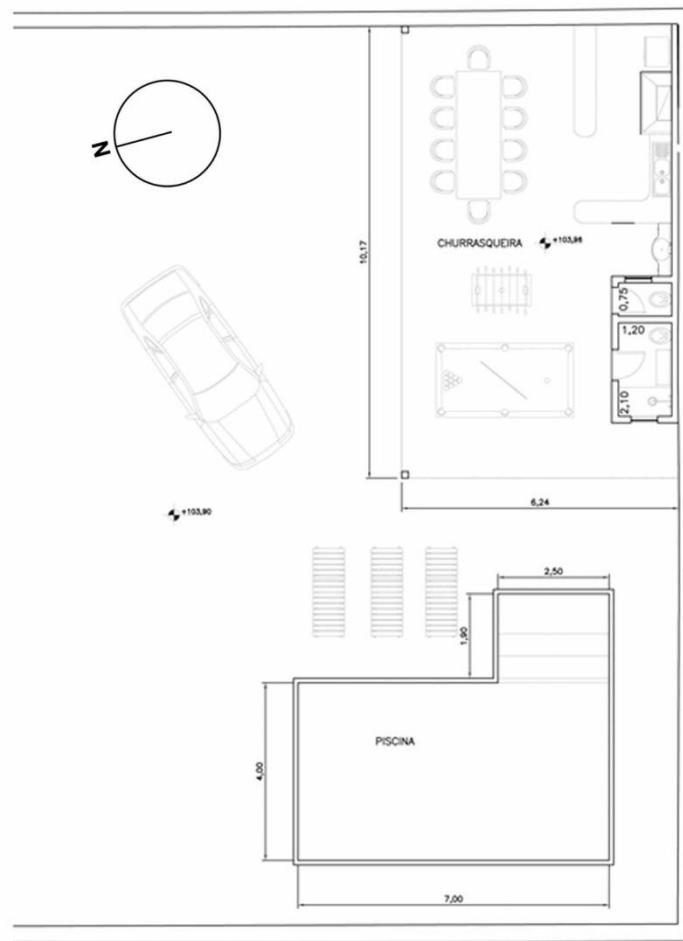
- Área construída total do andar = 131 m<sup>2</sup>

Com os eixos definidos, foi criada a planta do segundo pavimento, atentando-se para que as paredes ficassem uma sobre as outras evitando-se vigas aparentes. Tentou-se criar um ambiente integrado entre o home theater, sala de jantar, sala de estar e bar, não colocando paredes entre eles, de modo que a divisão fosse sugestiva. No andar existe também um lavabo, cozinha, área de serviço, terraço, área de lazer e um quarto de empregada, todas respeitando a delimitação criada pelos eixos. A Figura 44 apresenta a planta interna resultante.

O salão de jogos foi realocado na parte de trás da casa juntamente próximo à churrasqueira (Figura 45), pois desse modo, há maior integração entre as opções de lazer oferecidas.



**Figura 44: Arquitetura interna do segundo pavimento – Arquitetura “B”.**



**Figura 45: Arquitetura do ambiente de lazer externo – Arquitetura “B”.**

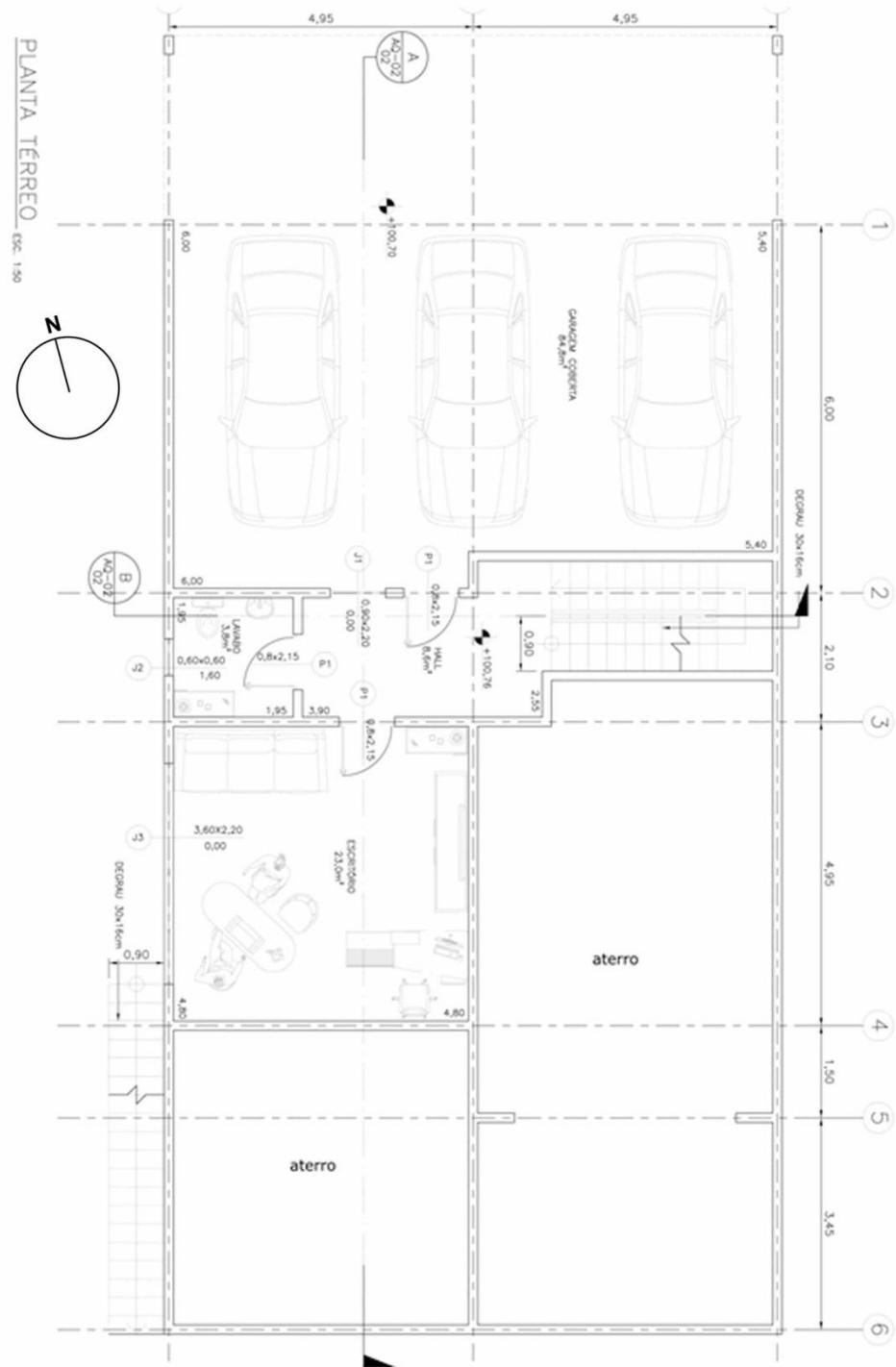
As principais dimensões do segundo pavimento são as seguintes:

- Home theater: 28,1 m<sup>2</sup>
- Sala de jantar: 25,9 m<sup>2</sup>
- Sala de estar e bar: 25,9 m<sup>2</sup>
- Terraço: 27,8 m<sup>2</sup>
- Área de lazer: 16,6 m<sup>2</sup>
- Lavabo: 3,8 m<sup>2</sup>
- Cozinha: 26,2 m<sup>2</sup>
- Lavanderia: 6,9 m<sup>2</sup>
- Quarto de empregada: 12,8 m<sup>2</sup>
- Área construída total do andar = 176 m<sup>2</sup> + 64 m<sup>2</sup> (churrasqueira + salão de jogos).

No primeiro pavimento foi colocado apenas um escritório, lavabo e um pequeno hall de entrada que se conecta com a escada. A parte de trás estará inacessível, havendo espaço suficiente para realizar contenção e evitando o contato direto entre paredes visíveis e zonas de aterro. O resultado está apresentado na Figura 46.

As principais dimensões do primeiro pavimento são as seguintes:

- Escritório: 23,0 m<sup>2</sup>
- Lavabo: 3,8 m<sup>2</sup>
- Hall de entrada: 8,6 m<sup>2</sup>
- Garagem coberta: 84,8 m<sup>2</sup>
- Área construída total do andar: 136 m<sup>2</sup>



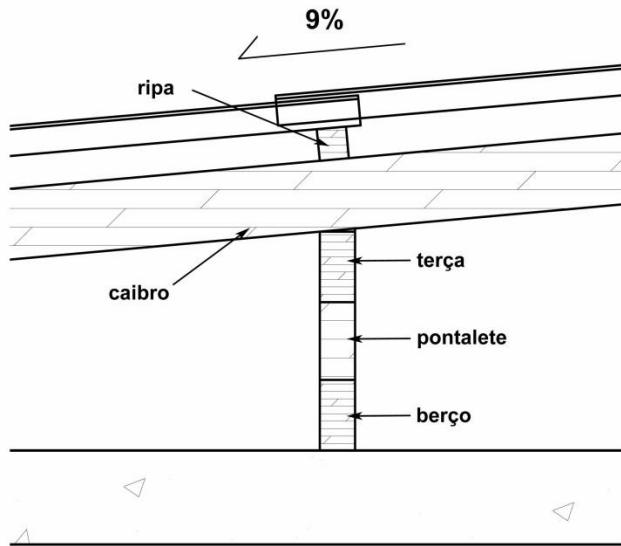
**Figura 46: Nova arquitetura interna do primeiro pavimento – Arquitetura “B”.**

### 5.1.1 Cobertura

Para o telhado da residência, optou-se pela telha de fibrocimento, tecnologia CRFS (Cimento Reforçado com Fios Sintéticos), porque ela é mais fácil de montar, proporciona coberturas de baixo custo e requer baixo nível de manutenção. Além disso, os telhados de fibrocimento podem ser instalados com inclinação relativamente baixa contribuindo para a fachada proposta pela arquitetura, onde o telhado não é visível devido à platibanda.

A melhor solução encontrada para se apoiar as telhas de fibrocimento foi por meio de pontaletes de madeira apoiadas sobre a laje. Desse modo a estrutura de madeira tem baixo custo e a laje recebe uma carga distribuída, pois o pontalete (Figura 47) trabalha à compressão e é fixado em um berço de madeira apoiado na laje.

A espécie de madeira que será utilizada na estrutura do telhado é a cupiúba ou o angelim-vermelho, pois possuem densidade alta e são resistentes à fungos e cupins. A estrutura do telhado será composta pela seguinte forma: dez ripas de 5cm x 5cm para apoiar as telhas de fibrocimento de 2,44m x 1,10m; nove caibros de 6cm x 12cm que servirão de apoio para as ripas; e cinco terças que também são de 6cm x 12cm sustentarão os caibros; em cada cruzamento dos caibros com as terças serão locadas pontaletes de 6cm x 12cm, resultando em uma quantidade total de trinta e cinco pontaletes; e os pontaletes estarão apoiadas nos dez berços. O desenho resultante está presente no apêndice E neste trabalho.

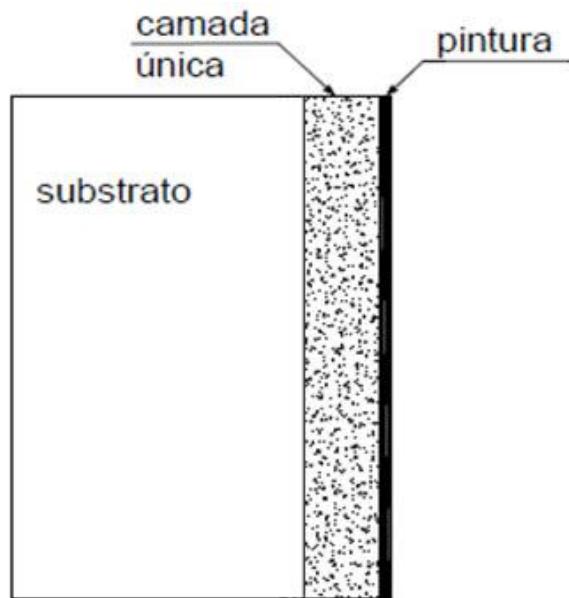


**Figura 47: Detalhe do pontalete**

### 5.1.2 Revestimento

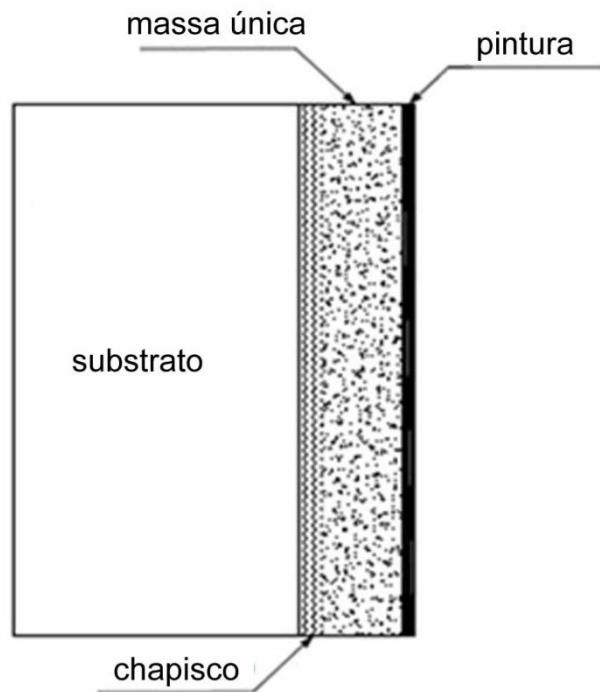
Para o revestimento interno da residência será usada massa única ou emboço paulista (também denominado reboco paulista) que é o revestimento executado em uma única camada. Poderá receber acabamento em pintura nas áreas secas e acabamento cerâmico nas áreas molhadas. Neste caso, a argamassa utilizada e a técnica de execução deverão resultar em um revestimento capaz de cumprir as funções tanto do emboço quanto do reboco, ou seja, regularização da base e acabamento.

A solução da massa única (Figura 48) é prática, pois é possível utilizar a mesma mão de obra utilizada para levantar a vedação, o material usado é de fácil acesso na região. A massa única será feita por meio da argamassa industrializada. A espessura prevista para o revestimento de massa única é de 10 mm.



**Figura 48: Detalhe do revestimento interno**

A parede externa será revestida primeiramente com chapisco e depois com massa única que possuirá no total uma espessura de 20 mm (Figura 49).

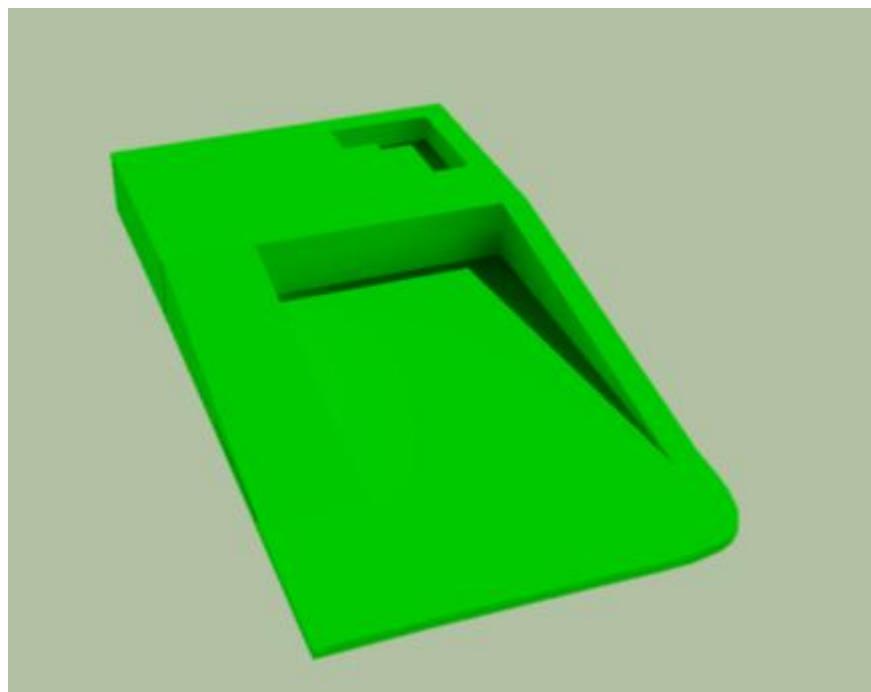


**Figura 49: Detalhe do revestimento externo**

## 5.2 Estudo de Movimentação de Terra “B”

Devido à modificação no projeto arquitetônico do empreendimento foi necessário realizar novo estudo de qual deveria ser a cota na região mais baixa do terreno na nova situação. O método para realização desse estudo foi o mesmo utilizado para o projeto A, ou seja, uso da modelagem tridimensional com auxílio do software AutoCAD da Autodesk.

O sólido representativo do terreno natural permanece inalterado, sendo necessária nova modelagem da situação final do terreno (Figura 50).



**Figura 50: Sólido representando a situação final do terreno no projeto “B”.**

Apesar do “layout” geral permanecer inalterado, houve mudanças relativas às dimensões da rampa, posicionamento da piscina e posicionamento da edificação principal.

A cota do nível mais baixo foi sendo alterada e os sólidos subtraídos como anteriormente, sendo medido o volume de corte e aterro com o uso da ferramenta “Region/Mass Properties”.

A Tabela 4**Erro! Fonte de referência não encontrada.** indica os resultados obtidos.

**Tabela 4: Relação da movimentação de terra para diferentes cotas para o projeto “B”.**

Cota	Corte [m <sup>3</sup> ]	Aterro [m <sup>3</sup> ]	Empolamento	Relação Corte/Aterro	Bota Fora [m <sup>3</sup> ]
+ 100,50	571	372	1,15	1,8	285
+ 100,70	486	452	1,15	1,2	107
+ 100,80	444	486	1,15	1,1	25
+ 101,00	368	568	1,15	0,7	-145

Conclui-se que a cota ideal para a parte mais baixa do terreno na situação futura permanece como sendo o nível +100,80, já que possui a relação corte/aterro muito próxima de 1,0.

### 5.3 Estrutura “B”

#### 5.3.1 Lajes

A metodologia adotada para o dimensionamento e verificação das lajes foi a mesma adotada para o projeto A, utilizando-se das tabelas fornecidas pelo fabricante PUMA e a mesma definição para as cargas distribuídas.

Devido aos menores vãos do projeto arquitetônico “B”, foi adotada laje de altura total de 16 cm. O Quadro 7 reproduz a tabela disponível no Manual de Fabricação PUMA utilizada para dimensionamento das armaduras adicionais para lajes de 16 cm de altura.

**Quadro 7: Armaduras adicionais para lajes de altura 16cm em função do vão a ser vencido e sobrecarga (Fonte: PUMA, 2003).**

Vão (m)	CARGA ACIDENTAL (kg/m <sup>2</sup> )											
	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
3,00	s/ adic	s/ adic	s/ adic	s/ adic	1¢ 4,2	1¢ 5,0	1¢ 6,3	1¢ 6,0	2¢ 5,0	3¢ 4,2	2¢ 6,3	2¢ 6,3
3,20	s/ adic	s/ adic	s/ adic	1¢ 4,2	1¢ 5,0	1¢ 6,3	2¢ 5,0	2¢ 5,0	2¢ 6,3	2¢ 6,3	3¢ 5,0	1¢ 10,0
3,40	s/ adic	s/ adic	s/ adic	1¢ 5,0	1¢ 6,3	2¢ 5,0	3¢ 4,2	2¢ 6,3	2¢ 6,0	1¢ 10,0	3¢ 6,3	3¢ 6,3
3,60	s/ adic	s/ adic	1¢ 5,0	1¢ 6,3	2¢ 5,0	3¢ 4,2	2¢ 6,3	3¢ 5,0	3¢ 6,3	3¢ 6,3	2¢ 8,0	1¢ 12,5
3,80	s/ adic	1¢ 4,2	1¢ 6,3	2¢ 5,0	3¢ 4,2	2¢ 6,3	1¢ 10,0	3¢ 6,3	3¢ 6,3	1¢ 12,5	1¢ 12,5	3¢ 8,0
4,00	s/ adic	1¢ 5,0	1¢ 6,0	2¢ 5,0	2¢ 6,3	1¢ 10,0	3¢ 6,3	2¢ 8,0	1¢ 12,5	1¢ 12,5	3¢ 8,0	3¢ 8,0
4,20	1¢ 4,2	1¢ 6,3	2¢ 5,0	2¢ 6,3	3¢ 5,0	3¢ 6,3	2¢ 8,0	1¢ 12,5	3¢ 8,0	3¢ 8,0	2¢ 10,0	3¢ 10,0
4,40	1¢ 5,0	2¢ 5,0	2¢ 6,3	2¢ 6,0	3¢ 6,3	2¢ 8,0	1¢ 12,5	3¢ 8,0	3¢ 8,0	3¢ 10,0	3¢ 10,0	não OK
4,60	1¢ 6,3	2¢ 5,0	2¢ 6,3	1¢ 10,0	3¢ 6,3	1¢ 12,5	3¢ 8,0	3¢ 8,0	3¢ 10,0	3¢ 10,0	não OK	não OK
4,80	1¢ 6,0	2¢ 6,3	3¢ 5,0	3¢ 6,3	1¢ 12,5	3¢ 8,0	3¢ 8,0	3¢ 10,0	3¢ 10,0	não OK	não OK	não OK
5,00	2¢ 5,0	2¢ 6,3	3¢ 6,3	2¢ 8,0	1¢ 12,5	3¢ 8,0	3¢ 10,0	3¢ 10,0	não OK	não OK	não OK	não OK
5,20	3¢ 4,2	3¢ 5,0	3¢ 6,3	1¢ 12,5	3¢ 8,0	2¢ 10,0	3¢ 10,0	não OK				
5,40	2¢ 6,3	1¢ 10,0	2¢ 8,0	3¢ 8,0	3¢ 8,0	3¢ 10,0	não OK					
5,60	2¢ 6,0	3¢ 6,3	1¢ 12,5	3¢ 8,0	3¢ 10,0	não OK						
5,80	1¢ 10,0	2¢ 8,0	3¢ 8,0	3¢ 8,0	não OK							
6,00	3¢ 6,3	1¢ 12,5	3¢ 8,0	não OK								
6,20	3¢ 6,3	1¢ 12,5	não OK									
6,40	2¢ 8,0	não OK										

De acordo com o fabricante, nas tabelas de cálculo das armaduras adicionais foi considerado, para a verificação do estado limite de serviço de deformações excessivas, o uso de contra flecha para as treliças de acordo com o Quadro 8.

**Quadro 8: Contra-flechas para treliças.**

CONTRA-FLECHA PARA TRELIÇAS	
VÃO LIVRE (m)	CONTRA-FLECHA (cm)
2,50 A 3,95	1,0
4,00 A 4,95	1,5
5,00 A 5,95	2,0

No nível da cobertura foi definida uma carga distribuída menor, de 50 kg/m<sup>2</sup> para cargas permanentes e 50 kg/m<sup>2</sup> de carga accidental, como recomendado pela ABNT NBR 6120,1980 para terraços sem acesso ao público.

Na laje de apoio para a caixa d'água foi adotada uma carga de 4.500 kg distribuída na área da laje (24,5 m<sup>2</sup>) além das cargas de cobertura, resultando em:

$$\frac{4500}{24,5} + 50 + 50 = 283 \text{ kg/m}^2$$

Será adotado, portanto, 300 kg/m<sup>2</sup>.

Para as cargas concentradas de alvenaria foi realizado novo estudo com elementos finitos já que a localização relativa da parede sobre a laje tem influência no momento máximo no vão.

Procurando-se diminuir os esforços e deformação das lajes, nas paredes que se apoiam diretamente sobre elas foram adotados blocos de vedação com 9 cm de espessura que pesam, incluindo revestimento, 1,4 kN/m<sup>2</sup> de acordo com a tabela 3 das Instruções para Utilização das Tabelas de Dimensionamento TATU ([www.tatu.com.br](http://www.tatu.com.br)).

O valor da carga distribuída linearmente foi consequentemente alterado em relação ao Projeto A, devido, além da redução na espessura dos blocos, à mudança para um pé direito de 3,00 m. A nova carga distribuída é dada por:

$$3,00 \times 1,4 = 4,20 \text{ kN/m}_{linear}$$

As lajes com paredes apoiadas em seu vão estão apresentadas na Figura 51 e Figura 52.

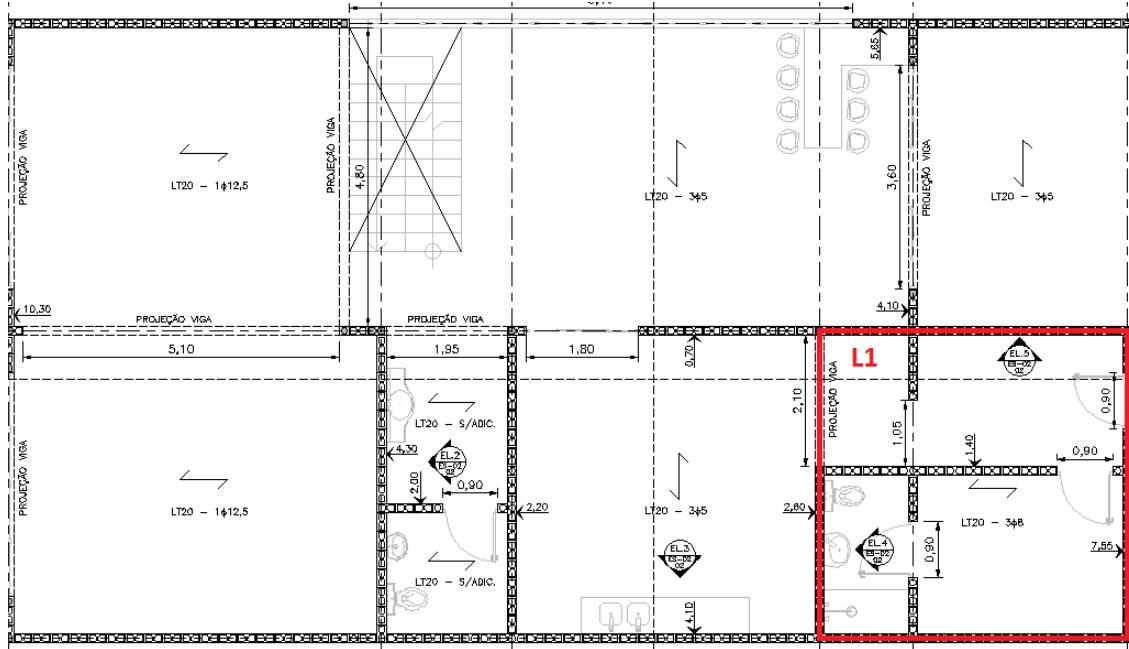


Figura 51: Lajes com carga de alvenaria no primeiro pavimento.

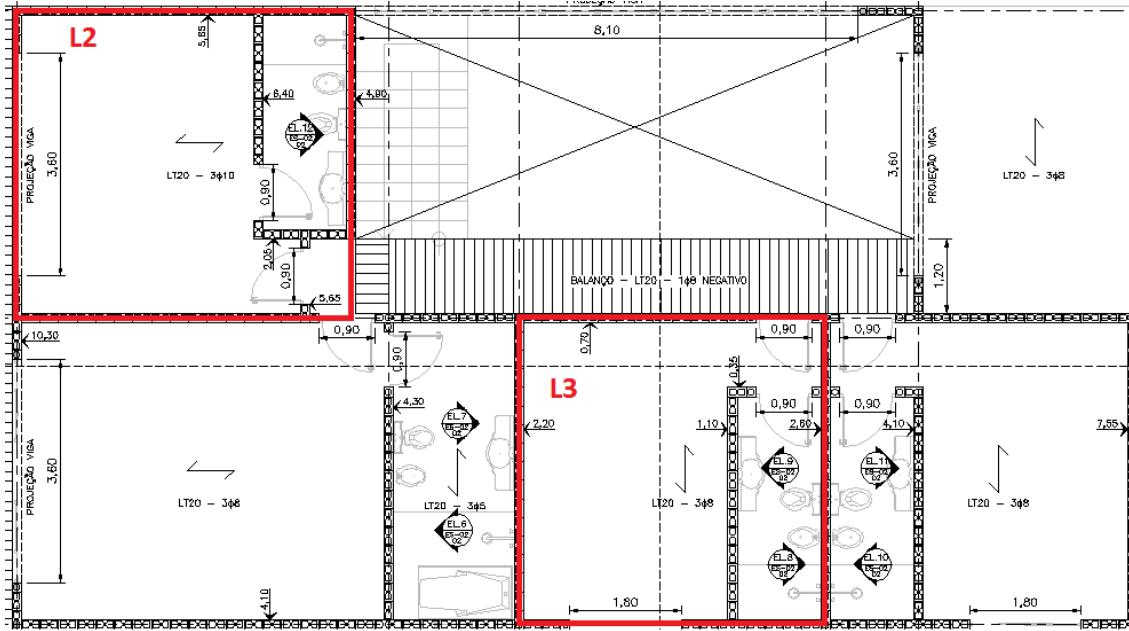
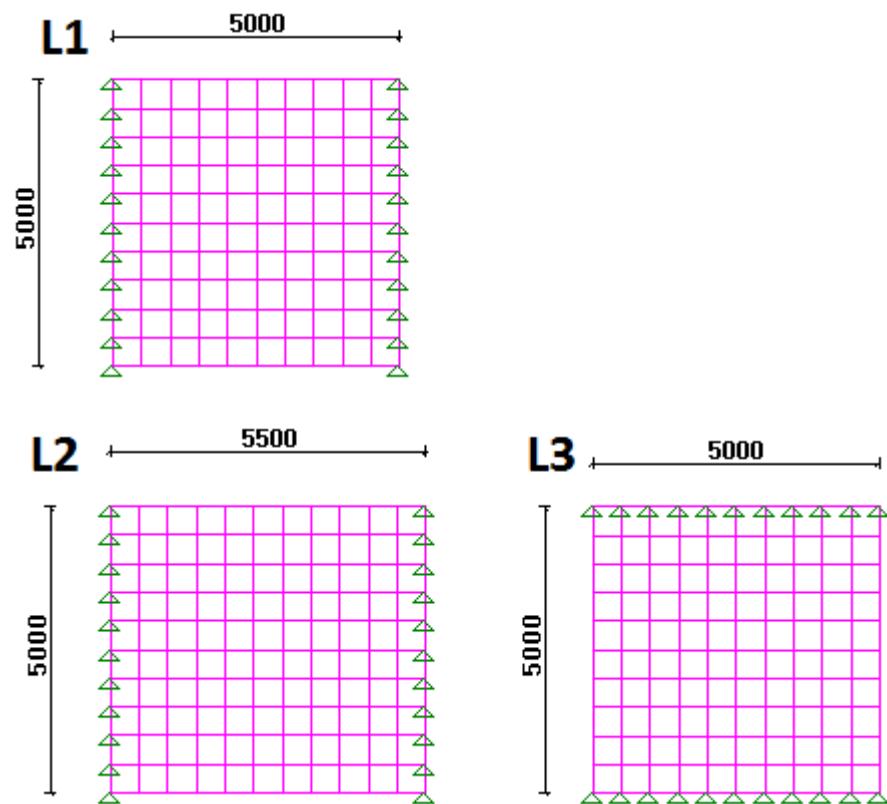


Figura 52: Lajes com carga de alvenaria no segundo pavimento.

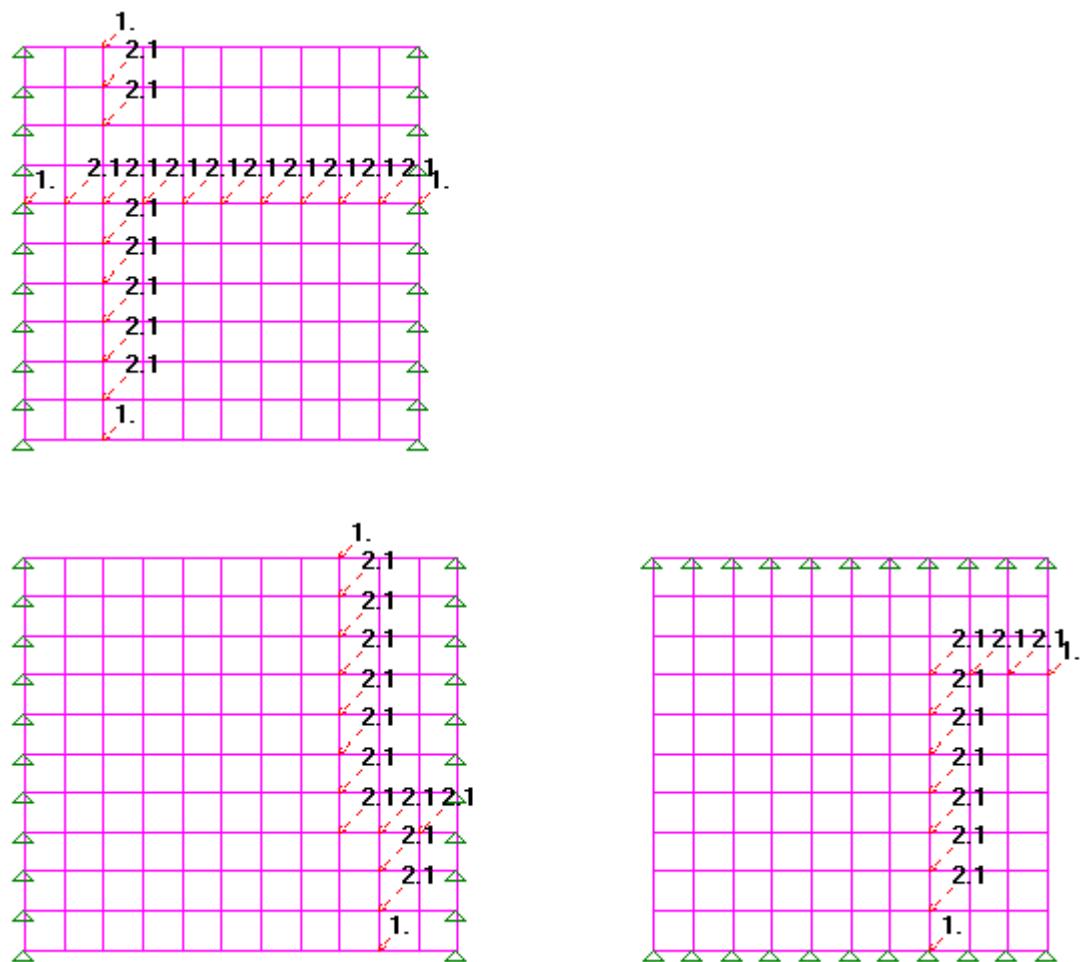
Vale ressaltar que a suíte ao lado direito da laje L3 é simétrica, portanto possui análise equivalente à laje L3.

Abaixo, na Figura 53, estão apresentadas ilustrações relativas à modelagem em elementos finitos para as lajes em questão.



**Figura 53: Modelagem das lajes, medidas em milímetros.**

A mesma metodologia foi adotada em relação ao projeto A. Foram aplicadas cargas concentradas nos nós, simulando a alvenaria e cargas distribuídas de 1 kN/m<sup>2</sup> para realizar comparação entre os momentos máximos e definir a carga distribuída equivalente. As cargas concentradas estão apresentadas na Figura 54.



**Figura 54: Cargas nodais de alvenaria.**

Os resultados da Figura 55 à Figura 60 apresentam o mapa de contorno dos valores de momento juntamente com uma tabela indicando o valor máximo.

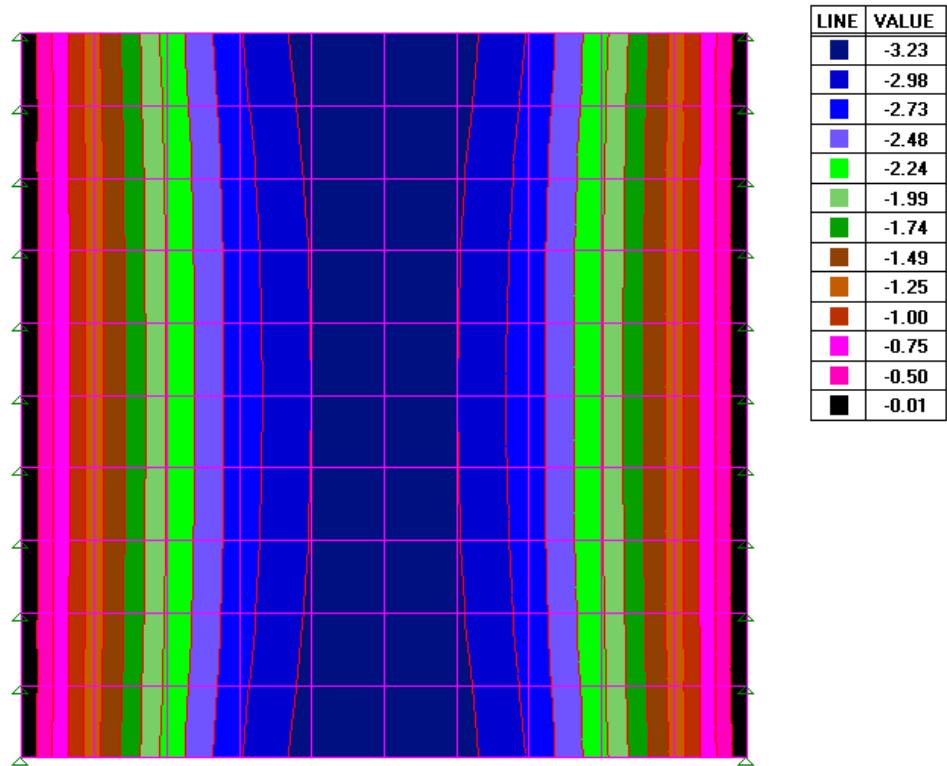


Figura 55: Momentos da laje L1 para carga distribuída de 1,0 kN/m<sup>2</sup>.

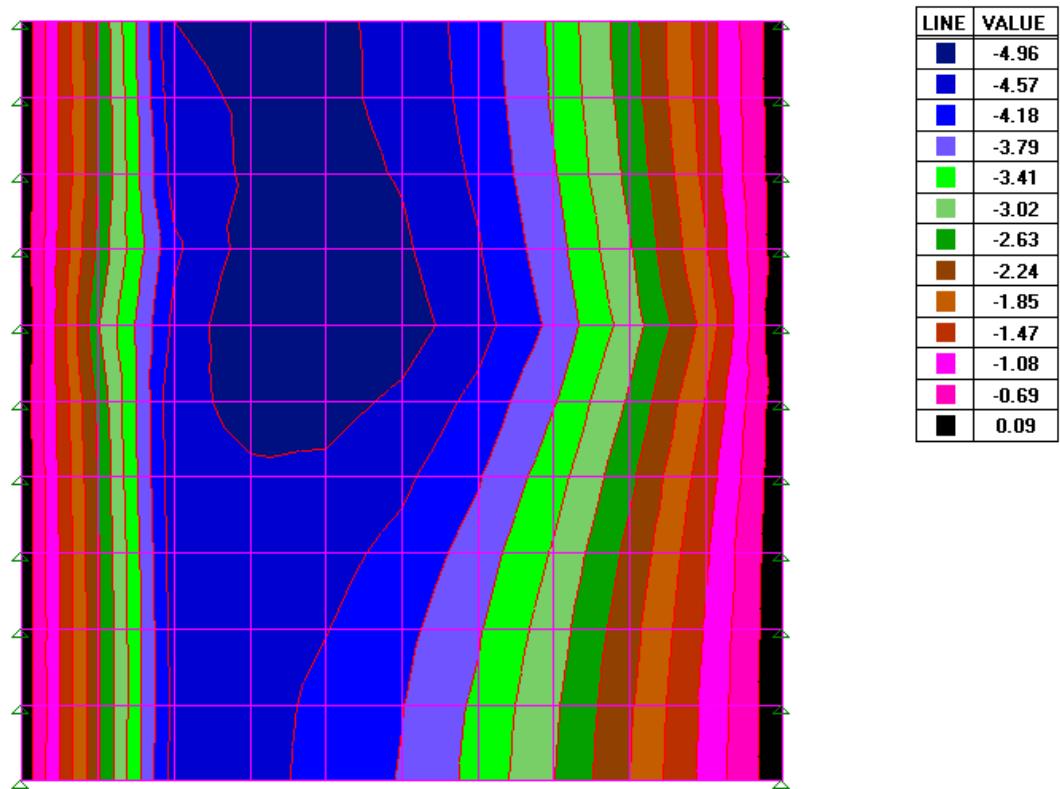


Figura 56: Momentos da laje L1 para carga de alvenaria.

Tomando-se do mesmo procedimento realizado no projeto A, será adotada carga equivalente de 150 kg/m<sup>2</sup>.

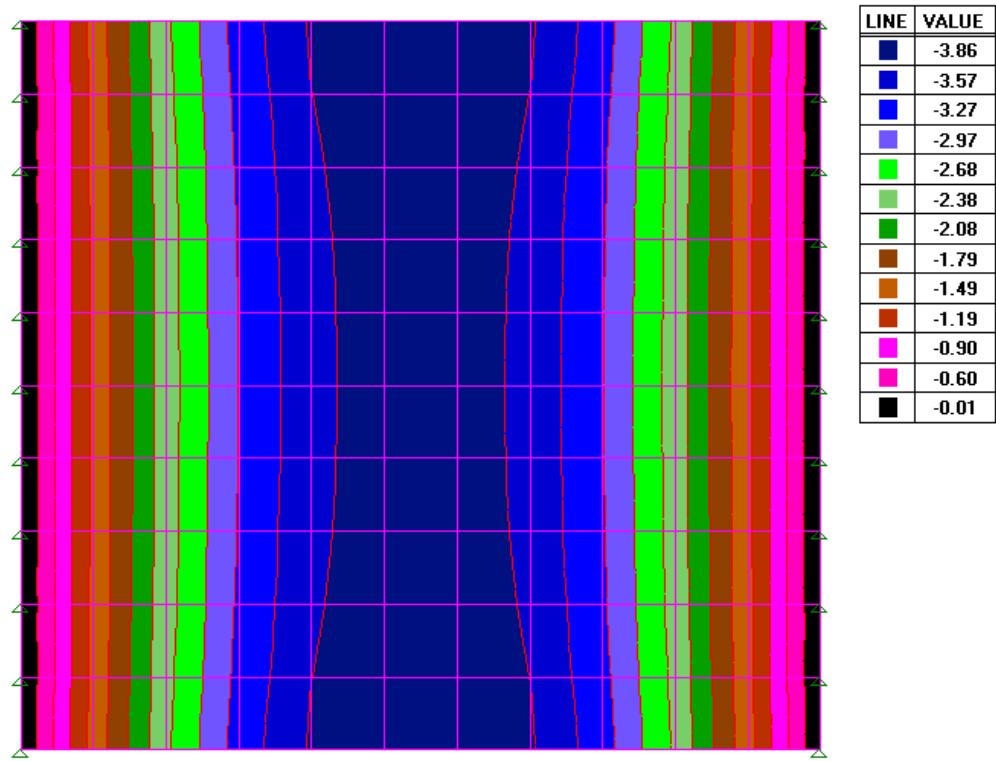


Figura 57: Momentos da laje L2 para carga distribuída de 1,0 kN/m<sup>2</sup>.

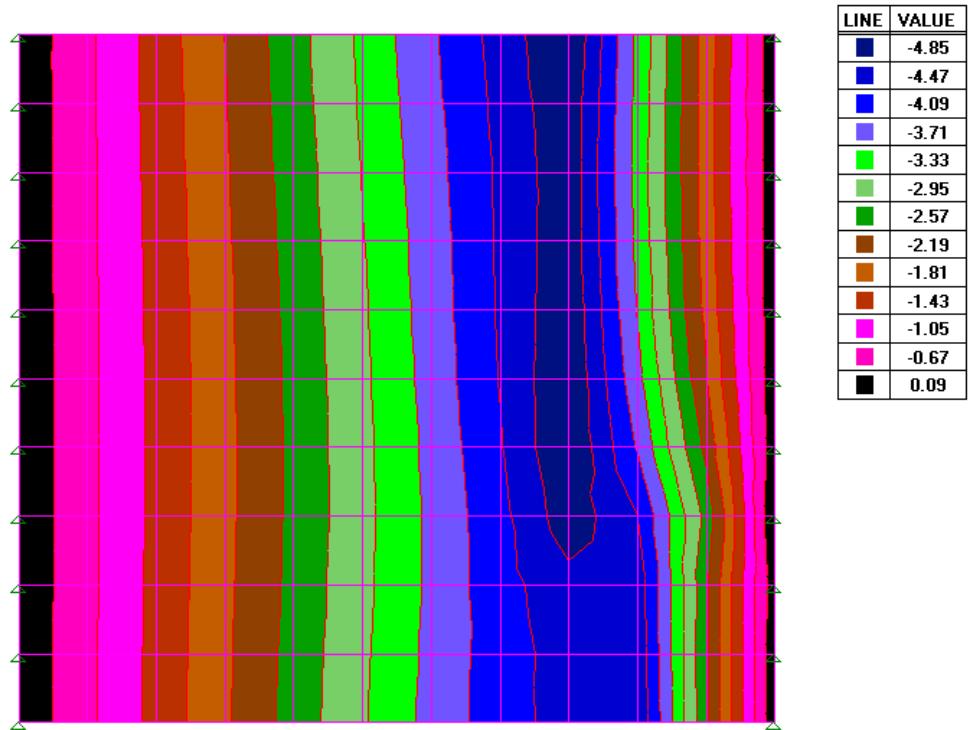


Figura 58: Momentos da laje L2 para carga de alvenaria.

Será adotada carga equivalente de 150 kg/m<sup>2</sup>.

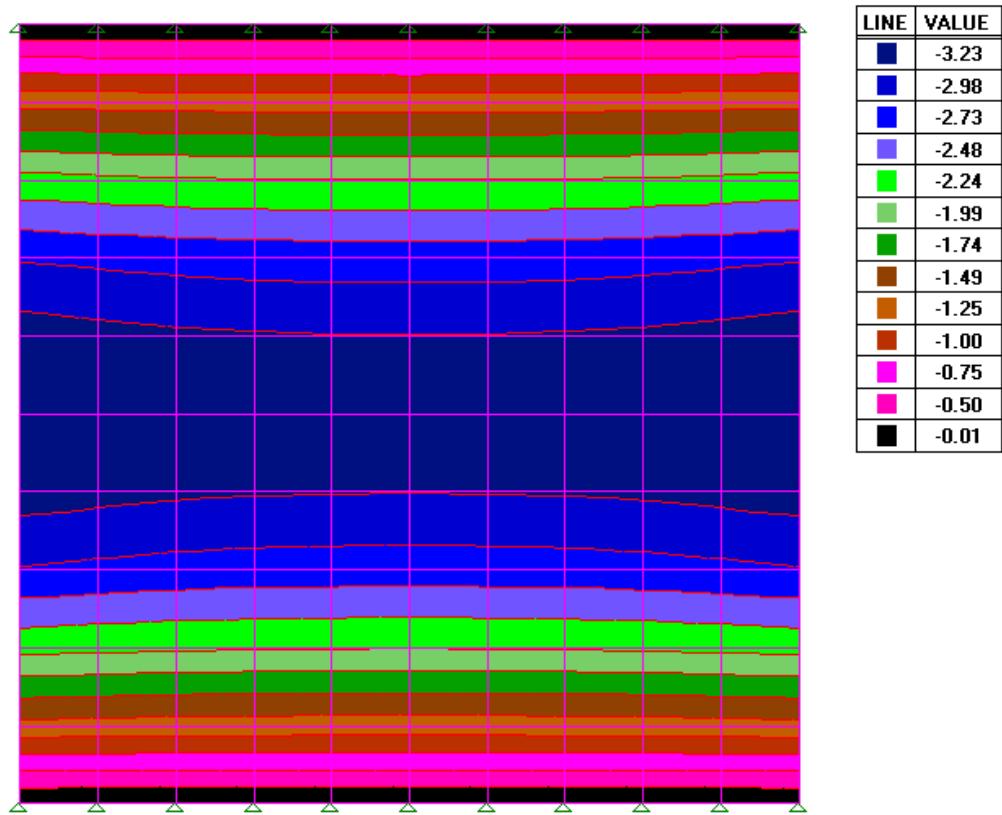


Figura 59: Momentos da laje L3 para carga distribuída de 1,0 kN/m<sup>2</sup>.

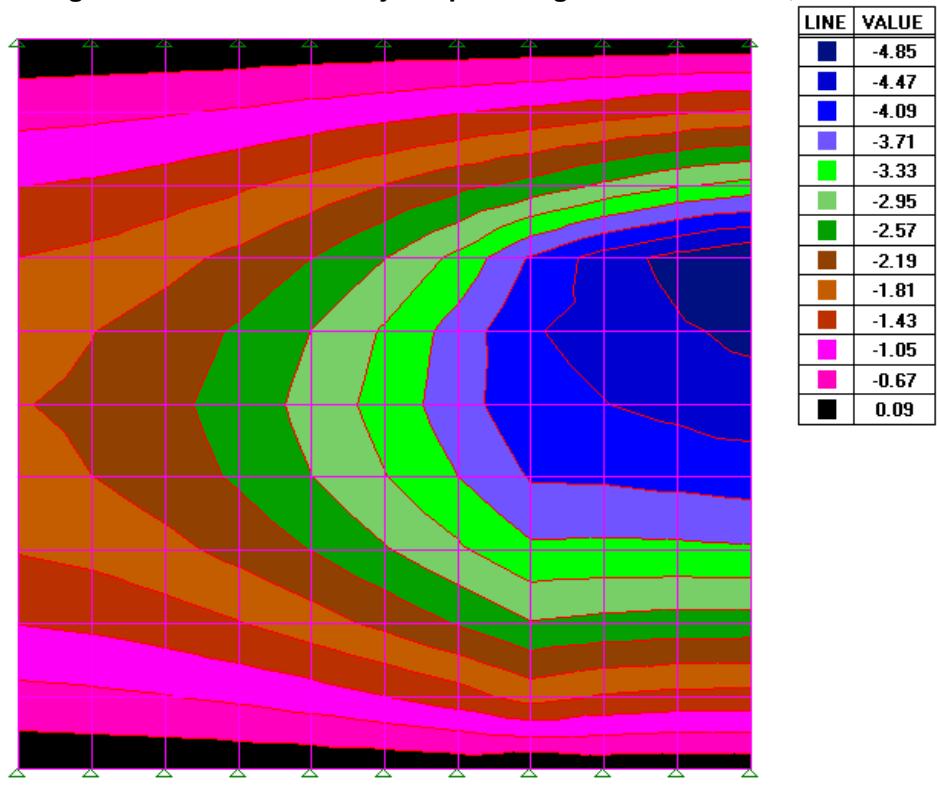


Figura 60: Momentos da laje L3 para carga de alvenaria.

Será adotada carga equivalente de 150 kg/m<sup>2</sup>.

O Quadro 9 apresenta os valores de máxima deformação nas lajes para as cargas distribuídas e as cargas concentradas de alvenaria encontrados na análise por elementos finitos. Os valores encontrados não apresentam as deformações reais nas lajes, visto que não foi considerada a inércia real da laje, nem mesmo a inércia para a seção fissurada ou a deformação diferida no tempo. No caso a informação relevante é a relação entre as deformações.

**Quadro 9: Relação entre deformações para a carga distribuída e de alvenaria.**

	L1	L2	L3
<b>Distribuída (1kN/m<sup>2</sup>)</b>	194	281	183
<b>Alvenaria</b>	281	268	269
<b>Relação Alv./Dist.</b>	1,45	0,95	1,47

Analisando-se a relação entre a carga de alvenaria e a carga de 1,0kN/m<sup>2</sup>, conclui-se que as cargas equivalentes adotadas devido ao momento máximo nas lajes cobrem, também, a situação de deformação máxima. Ressalta-se que na etapa de detalhamento foram prevista duas vigotas justapostas sobre as alvenarias para garantir distribuição adequada dos esforços, evitando-se fissuras devido à deformação da laje ao longo do tempo.

Em resumo o Quadro 10 traz as cargas utilizadas no dimensionamento, de acordo com a tabela PUMA, das armaduras adicionais das vigotas.

**Quadro 10: Cargas utilizadas para dimensionamento de armaduras adicionais.**

LAJE	Carga Tabela PUMA
<b>S/ alvenaria</b>	200 kg/m <sup>2</sup>
<b>C/ alvenaria</b>	350 kg/m <sup>2</sup>
<b>Cobertura</b>	100 kg/m <sup>2</sup>
<b>Caixa d'água</b>	300 kg/m <sup>2</sup>

Na etapa de detalhamento das lajes foram previstas as posições das vigotas treliçadas, indicando os espaçamentos entre elas. Tomou-se o devido cuidado para que em regiões de passagem de tubulações não houvesse a presença de vigotas, garantindo que os furos nas lajes se encontrem na posição da capa de concreto. O

mesmo vale para as caixas de passagem elétricas já previstas no projeto de sistemas elétricos.

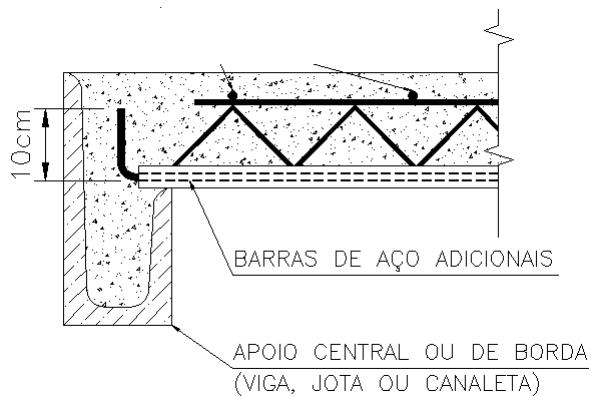
Outro detalhe importante é a presença de nervuras transversais nas lajes de grandes dimensões que, de acordo com ARAÚJO (2012), têm a função de dar estabilidade lateral às vigotas, travando o painel da laje e aumentando assim a rigidez do conjunto, reduzindo vibrações e deformações na laje. As características geométricas dessas nervuras foram tomadas com base nas recomendações do Manual de Fabricação PUMA, reproduzidas na Quadro 11.

**Quadro 11: Características das nervuras de travamento (Fonte: PUMA, 2003).**

<b>h Altura Total (cm)</b>	<b>Largura (cm)</b>	<b>Ferragem (CA-50)</b>	<b>Vão Livre (m)</b>	<b>Quantidade de Nervuras (N.T.)</b>
10 a 16	8	2 Ø 1/4"	0,00 a 3,90	Zero
17 a 24	10	2 Ø 5/16"	4,00 a 5,90	1
25 a 30	12	2 Ø 3/8"	6,00 a 7,90	2
31 a 40	15	4 Ø 5/16"	8,00 a 9,90	3
41 a 50	18	4 Ø 3/8"	10,00 a 11,90	4
51 a 65	20	4 Ø 1/2"	12,00 a 13,90 14,00 a 15,90 16,00 a 17,90	5 6 7

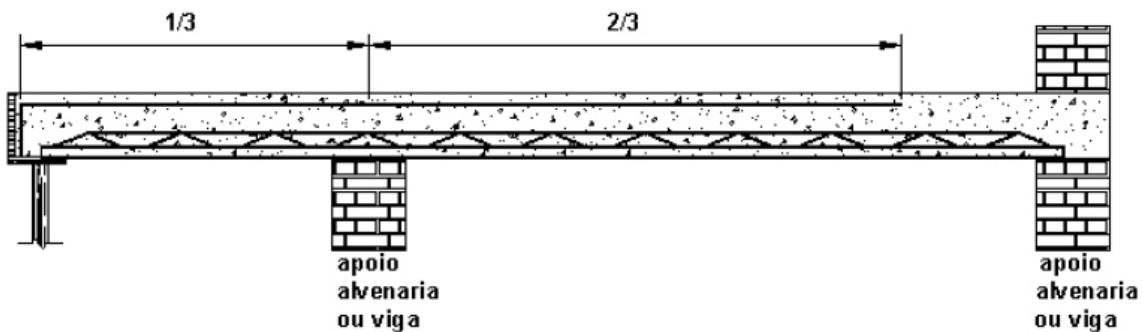
A altura das lajes do projeto é de 16 cm e os vãos não ultrapassam 6,00m; por esse motivo, será necessária uma nervura de 8 cm de largura com duas armaduras de 6,3mm para vãos superiores a 4,00 m.

Outra recomendação importante é a presença de ganchos de ancoragem para as armaduras adicionais nas extremidades das vigotas. O mesmo manual indica que o comprimento recomendado do gancho para lajes de 16 cm é de 10 cm, como indicado na Figura 61.



**Figura 61: Detalhe do gancho de ancoragem para vigotas.**

Para lajes em balanço as vigotas foram alinhadas com as vigotas da laje interior, garantindo melhor engastamento da extremidade da laje. O total comprimento das armaduras negativas foi adotado seguindo recomendação do manual, reproduzida na Figura 62, como sendo três vezes o comprimento do balanço.



**Figura 62: Comprimento da armadura negativa para lajes em balanço (Fonte: Manual de Fabricação PUMA).**

### 5.3.2 Vigas

As vigas presentes no empreendimento em estudo são de concreto armado e seu dimensionamento foi feito de acordo com as recomendações da ABNT NBR 6118, 2007.

As cargas provenientes das lajes que atuam sobre as vigas, serão tomadas multiplicando-se a carga distribuída sobre a laje por uma área de influência. Devido as lajes serem apoiaadas em uma única direção essa área de influência será a metade da área total da laje que se apoia sobre a viga, sendo a carga resultante considerada uniformemente distribuída sobre a viga.

As cargas atuantes na laje são divididas em dois grupos: cargas permanentes (CP) e cargas acidentais (CA).

Para as cargas permanentes, além das já definidas anteriormente para o dimensionamento das lajes, ainda existe o peso próprio de laje, que não foi definido visto que já estava incorporado nos cálculos realizados para construção das tabelas do fabricante.

O Manual de Fabricação PUMA indica essa carga como reproduzido no Quadro 12.

**Quadro 12: Peso próprio da laje.**

<b>Altura da Lajota (cm)</b>	<b>Altura da Laje Acabada (cm)</b>	<b>Peso Próprio (Kgf/m<sup>2</sup>)</b>	
		<b>Concreto Leve</b>	<b>EPS</b>
8	12	184,50	148,80
12	16	226,70	173,20
16	20	269,00	197,60
20	25	336,20	247,00

Tem-se, portanto, para as lajes de 16 cm com blocos de EPS uma carga de 173,2 kg/m<sup>2</sup> ou 1,732 kN/m<sup>2</sup>. Para maior facilidade nos cálculos será adotada carga de 1,8 kN/m<sup>2</sup>. Para a região das varandas em balanço, foi adotada laje com altura total de 12 cm para garantir um rebaixamento entre área externa e área interna. Com isso tem-se para as varandas o peso próprio de 148,8 kg/m<sup>2</sup> ou 1,488 kN/m<sup>2</sup>, sendo adotado 1,5 kN/m<sup>2</sup>.

Para a determinação da carga permanente (CP), ao peso próprio da laje devem ser somadas as cargas de contrapiso, revestimento e forro de 80 kg/m<sup>2</sup>, cargas de alvenaria sobre a laje de 150 kg/m<sup>2</sup> e as cargas na cobertura de 50 kg/m<sup>2</sup>, como definidas em 5.3.1.

Para as cargas acidentais (CA), tem-se 150 kg/m<sup>2</sup> nas áreas de utilização e 50 kg/m<sup>2</sup> para a cobertura.

Na verificação quanto ao estado limite último (ELU), essas cargas serão tomadas em sua totalidade. Para a verificação ao estado limite de serviço (ELS) de deformação as cargas serão tomadas em sua combinação quase permanente (CQP), ou seja, os carregamentos acidentais serão multiplicados pelo coeficiente  $\psi_2$  como recomendado pela ABNT NBR 6118, 2007 de acordo com a tabela reproduzida no Quadro 13.

**Quadro 13: Tabela dos coeficientes para combinações de serviço (Fonte ABNT NBR 6118, 2007).**

Ações		$\gamma_{f2}$		
		$\psi_0$	$\psi_1^{1)}$	$\psi_2$
Cargas acidentais de edifícios	Locais em que não há predominância de pesos de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, nem de elevadas concentrações de pessoas <sup>2)</sup>	0,5	0,4	0,3
	Locais em que há predominância de pesos de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, ou de elevada concentração de pessoas <sup>3)</sup>	0,7	0,6	0,4
	Biblioteca, arquivos, oficinas e garagens	0,8	0,7	0,6
Vento	Pressão dinâmica do vento nas estruturas em geral	0,6	0,3	0
Temperatura	Variações uniformes de temperatura em relação à média anual local	0,6	0,5	0,3

Será tomado  $\psi_2$  como 0,4.

A Tabela 5 apresenta, em resumo, as cargas atuantes nas lajes que serão consideradas para o ELU e ELS das vigas.

**Tabela 5: Cargas atuantes da laje sobre as vigas.**

LAJE	ELU	ELS
<b>Interna</b>	4,1 kN/m <sup>2</sup>	3,2 kN/m <sup>2</sup>
<b>Interna c/alvenaria</b>	5,6 kN/m <sup>2</sup>	4,7 kN/m <sup>2</sup>
<b>Varanda</b>	3,8 kN/m <sup>2</sup>	2,9 kN/m <sup>2</sup>
<b>Cobertura</b>	2,8 kN/m <sup>2</sup>	2,5 kN/m <sup>2</sup>

Além das cargas provenientes das lajes, tem-se, ainda, as cargas das paredes de alvenaria apoiadas diretamente sobre as vigas. O fabricante FK Blocos de Concreto define a massa de 9,7 kg para um bloco de concreto estrutural de comprimento de 29 cm, espessura de 14 cm e altura de 19cm. Acrescentando revestimento de argamassa (20 kN/m<sup>3</sup>) de 1 cm de espessura, tem-se, para paredes com 15 fiadas:

$$9,7 \frac{\text{kg}}{\text{bloco}} \times 15 \frac{\text{blocos}}{0,3m} + (2000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0,01m) \times 3m = 545 \text{kg/m} = 5,5 \text{kN/m}$$

Para o peso próprio das vigas foi utilizado peso unitário de 25 kN/m<sup>3</sup> como definido pela ABNT NBR 6120, 1980.

No dimensionamento ao ELU, para o momento fletor, foi considerada seção retangular com largura de 14 cm ou 29 cm (no caso da viga V1, de maior vão) e altura de 16 cm da laje somadas a um múltiplo de 20 cm para ficar de acordo com a modulação dos blocos estruturais. Na consideração da altura útil ( $d$ ) foi tomada a

altura total da viga descontados 4 cm para consideração do cobrimento, diâmetro do estribo e da armadura.

Para os cálculos da posição da linha neutra e armadura necessária foi tomado concreto com resistência característica  $f_{ck}$  de 20 MPa e aço CA-50 com tensão de escoamento característica  $f_y$  de 500MPa. Também foi considerado coeficiente de majoração das cargas  $\gamma_f$  de 1,4, coeficiente de minoração da resistência para o concreto  $\gamma_c$  de 1,4 e para o aço  $\gamma_s$  de 1,15.

Todas as vigas trabalharão nos domínios 2 ou 3 de estado limite último da seção transversal e a linha neutra estará abaixo do limite  $0,50d$ , caso seja necessário haverá uso de armadura de compressão.

Para a resistência à força cortante foi verificada a condição de esmagamento da diagonal comprimida de concreto através da expressão definida pela ABNT NBR 6118, 2007:

$$V_{Rd2} = 0,27 \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) f_{cd} b_w d \geq V_{sd}$$

Também foi calculada a armadura transversal necessária para estribos posicionados a  $90^\circ$  e atendida a condição de armadura transversal mínima:

$$\left(\frac{A_{sw,90}}{s}\right) = \frac{V_{sd} - (0,6f_{ctd}b_w d)}{0,9df_{ywd}} \geq \left(\frac{20f_{ctm}}{f_{ywk}}\right) b_w$$

Onde  $f_{ctd}$  é a resistência de cálculo do concreto ao cisalhamento e é dada por:

$$f_{ctd} = \frac{0,7(0,3f_{ck}^{2/3})}{1,4}$$

Outro fator importante necessário para o detalhamento das armaduras é o cálculo da armadura mínima e do comprimento de ancoragem necessário ( $/b_{nec}$ ) na região dos apoios extremos. Tais valores dependem da força cortante atuante e da armadura longitudinal presente na região do apoio. A princípio todas as armaduras da região central da viga prolongar-se-ão até o apoio, ao menos no caso de vigas de

grandes vãos e cargas, onde seja interessante diminuir a quantidade e comprimento de barras ao longo da viga visando-se redução do consumo de aço.

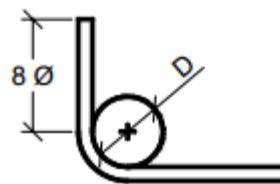
Estes parâmetros são definidos de acordo com MARINO (2004), baseado na ABNT NBR 6118, 2007 por:

$$l_{b,nec} = \frac{\phi}{A_{s,ef}} \times \frac{1}{4f_{bd}} \times \frac{a_l}{d} V_{sd} \geq \begin{cases} 0,3 \left( \frac{\phi}{4} \times \frac{f_{yd}}{f_{bd}} \right) \\ 10\phi \\ 10cm \end{cases}$$

$$A_{s,min} = \frac{a_l}{d} \times \frac{V_{sd}}{f_{yd}}$$

Onde  $f_{bd} = \eta_1 \eta_2 \eta_3 f_{ctd}$ , parâmetros definidos de acordo com a ABNT NBR 6118, 2007.

Para apoios estreitos, onde não for possível atingir comprimento necessário mínimo de ancoragem com barras retas, as barras serão prolongadas na vertical de forma com que a soma do comprimento horizontal e vertical dentro do apoio seja igual ou superior ao comprimento de ancoragem (SÜSSEKIND, 1979). Além disso será garantido gancho em ângulo reto com ponta não inferior a  $8\phi$  para todas as vigas, como ilustrado na Figura 63.



**Figura 63: Gancho em ângulo reto.**

Para que se atinja  $8\phi$  após o centro de curvatura da barra, o trecho vertical total mínimo será tomado como  $11\phi$ .

Na verificação ao ELS o módulo de deformação secante do concreto foi calculado pela expressão (valores em megapascal):

$$E_{cs} = 0,85 \times 5600 \sqrt{f_{ck}}$$

Primeiramente a flecha foi determinada por análise elástica linear ( $f_{elástica}$ ), utilizando combinação quase permanente de cargas. Em seguida a flecha imediata ( $f_0$ ) foi calculada considerando-se a inércia equivalente da seção fissurada de concreto através da equação:

$$I_{eq} = \left( \frac{M_r}{M_{máx}} \right)^3 I_0 + \left[ 1 - \left( \frac{M_r}{M_{máx}} \right)^3 \right] I_{II}$$

Onde:

$$M_r = \frac{1,5 f_{ctm} I_0}{y_t}$$

$$I_{II} = \frac{bx_{II}^3}{3} + A_s' \frac{E_s}{E_{cs}} (x_{II} - d')^2 + A_s \frac{E_s}{E_{cs}} (d - x_{II})^2$$

Sendo  $X_{II}$  a solução para a equação de segundo grau:

$$\frac{bx_{II}^2}{2} + A' \frac{E_s}{E_{cs}} (x_{II} - d') = A_s \frac{E_s}{E_{cs}} (d - x_{II})$$

Em seguida, a flecha total ( $f_{tot}$ ), foi determinada considerando-se o acréscimo da flecha diferida no tempo através do multiplicador ( $1 + \alpha_f$ ) aplicado na flecha imediata, definido pela expressão recomendada pela ABNT NBR 6118, 2007:

$$\alpha_f = \frac{\Delta\xi}{1 + 50 \frac{A'_s}{bd}}$$

O valor de  $\Delta\xi$  foi tomado segundo a tabela presente na NBR 6118, 2007 reproduzida no Quadro 14.

**Quadro 14: Fator para determinação da flecha diferida no tempo (Fonte: ABNT NBR 6118, 2007).**

Tempo ( $t$ ) meses	0	0,5	1	2	3	4	5	10	20	40	$\geq 70$
Coeficiente $\xi(t)$	0	0,54	0,68	0,84	0,95	1,04	1,12	1,36	1,64	1,89	2

Foi considerada duração maior que 70 meses e mobilização das cargas em um mês, ou seja:

$$\Delta\xi = 2 - 0,68 = 1,32$$

O valor da flecha total foi comparado ao limite de 1/350 do vão, caso o limite seja superado a solução será adotar uma contra flecha de valor igual à flecha imediata e, caso a flecha diferida no tempo ainda for, por si só, maior que o limite estabelecido, a seção de concreto será aumentada.

Os esforços solicitantes foram determinados considerando todas as vigas bi apoiadas, não levando em consideração qualquer tipo de engaste em seus apoios extremos.

Na Tabela 6 à Tabela 16 são apresentados, de maneira resumida, os cálculos considerados no dimensionamento das vigas.

Tabela 6: Dimensionamento da viga V1.

V1	29	x	96	cm
L =	9,75	m		
Combinação ELU				
M <sub>k</sub>	69163	kN.cm		
A <sub>s</sub> <sub>nec.</sub>	30,61	cm <sup>2</sup>	->	10φ20
A <sub>s'</sub> <sub>nec.</sub>	1,46	cm <sup>2</sup>	->	2φ10
V <sub>k</sub>	199,9	kN		
A <sub>sW</sub> <sub>nec.</sub>	3,03	cm <sup>2</sup> /m	->	φ6,3 c/20
I <sub>b</sub> <sub>nec.</sub>	45	cm	4φ20 chegando ao apoio	
A <sub>min.</sub>	6,4	cm <sup>2</sup>		
Combinação Quase Permanente ELS				
f <sub>elástica</sub>	1,16	cm	X <sub>II</sub>	33,9 cm
M <sub>CQP</sub>	59351	kN.cm	I <sub>II</sub>	1404747,8 cm <sup>4</sup>
A <sub>s</sub>	29,44	cm <sup>2</sup>	M <sub>r</sub>	14769,1 kN.cm
A <sub>s'</sub>	1,46	cm <sup>2</sup>	I <sub>0</sub>	2138112,0 cm <sup>4</sup>
			I <sub>eq.</sub>	1416048,6 cm <sup>4</sup>
f <sub>0</sub>	1,75	cm	f <sub>TOT.</sub>	4,00 cm
Contra flecha	2,0	cm		

Devido à grande quantidade de armadura necessária para a viga V1, as barras foram melhor detalhadas longitudinalmente para reduzir o consumo de aço. O diagrama de momentos foi representado de maneira gráfica a partir do resultado gerado pelo software STRAP, em seguida foi dividido em cinco trechos, atendendo a condição mínima recomendada pela ABNT NBR 6118, 2007 de 1/3 das barras do centro do vão prolongando-se aos apoios para situações em que o momento da região do apoio, no caso nulo, é menor que metade do momento máximo do vão.

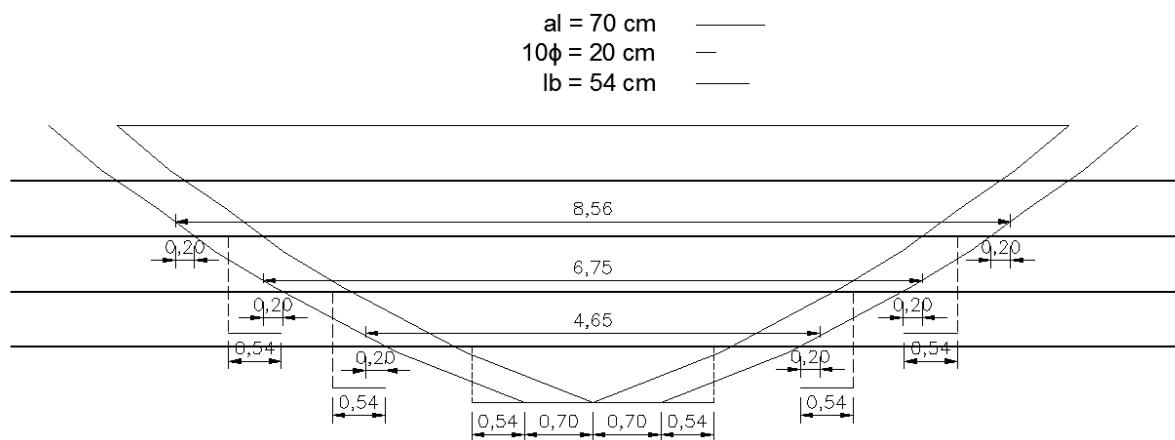
O diagrama de momento foi deslocado por um valor  $a_L = 0,75d$ , e as condições de acréscimo do comprimento de ancoragem ( $I_b$ ) para o limite inferior do trecho e verificação de 10φ para o limite superior do trecho foram atendidas.

O comprimento de ancoragem foi calculado pela expressão:

$$l_b = \frac{\Phi f_{yd}}{4(\eta_1 \eta_2 \eta_3 f_{ctd})}$$

$\eta_1$  foi adotado como 2,25 por tratar-se de barras CA-50,  $\eta_2$  como 1, sendo uma região de momentos positivos, ou seja, de boa aderência e  $\eta_3$  como 1, pois as barras são de diâmetro inferior a 32mm.

A Figura 64 apresenta todas as verificações obtidas de forma gráfica.



**Figura 64: Detalhamento longitudinal da viga V1.**

**Tabela 7: Dimensionamento viga V2.**

V2		14	x	36	cm
L =	3	m			
Combinação ELU					
M <sub>k</sub>	1701	kN.cm			
As <sub>nec.</sub>	1,84	cm <sup>2</sup>	->	3φ10	
V <sub>k</sub>	22,7	kN			
Asw <sub>nec.</sub>	1,23	cm <sup>2</sup> /m	->	φ6,3 c/30	
Ib <sub>nec.</sub>	14	cm			
A <sub>min.</sub>	0,7	cm <sup>2</sup>			
Combinação Quase Permanente ELS					
f <sub>elástica</sub>	0,11	cm	X <sub>II</sub>	8,7	cm
M <sub>CQP</sub>	1450	kN.cm	I <sub>II</sub>	17019,2	cm <sup>4</sup>
As	2,36	cm <sup>2</sup>	M <sub>r</sub>	1002,6	kN.cm
As'	0,62	cm <sup>2</sup>	I <sub>0</sub>	54432,0	cm <sup>4</sup>
			I <sub>eq.</sub>	29378,5	cm <sup>4</sup>
f <sub>0</sub>	0,21	cm	f <sub>TOT.</sub>	0,47	cm

**Tabela 8: Dimensionamento viga V3.**

V3		14	x	40	cm
L =	3,75	m			
Combinação ELU					
M <sub>k</sub>	2891	kN.cm			
As <sub>nec.</sub>	2,88	cm <sup>2</sup>	->	3φ12,5	
V <sub>k</sub>	30,8	kN			
Asw <sub>nec.</sub>	1,23	cm <sup>2</sup> /m	->	φ6,3 c/30	
Ib <sub>nec.</sub>	17	cm			
A <sub>min.</sub>	1,0	cm <sup>2</sup>			
Combinação Quase Permanente ELS					
f <sub>elástica</sub>	0,21	cm	X <sub>II</sub>	11,2	cm
M <sub>CQP</sub>	2500	kN.cm	I <sub>II</sub>	31132,1	cm <sup>4</sup>
As	3,68	cm <sup>2</sup>	M <sub>r</sub>	1237,8	kN.cm
As'	0,62	cm <sup>2</sup>	I <sub>0</sub>	74666,7	cm <sup>4</sup>
			I <sub>eq.</sub>	36419,1	cm <sup>4</sup>
f <sub>0</sub>	0,43	cm	f <sub>TOT.</sub>	0,97	cm

**Tabela 9: Dimensionamento vigas V4 e V5.**

V4 e V5		14	x	40	cm
L =	3,75	m			
Combinação ELU					
M <sub>k</sub>	3210	kN.cm			
A <sub>s</sub> <sub>nec.</sub>	3,24	cm <sup>2</sup>	->	3φ12,5	
V <sub>k</sub>	34,2	kN			
A <sub>sw</sub> <sub>nec.</sub>	1,23	cm <sup>2</sup> /m	->	φ6,3 c/30	
I <sub>b</sub> <sub>nec.</sub>	17	cm			
A <sub>min.</sub>	1,1	cm <sup>2</sup>			
Combinação Quase Permanente ELS					
f <sub>elástica</sub>	0,23	cm	X <sub>II</sub>	11,2	cm
M <sub>CQP</sub>	47857	kN.cm	I <sub>II</sub>	31132,1	cm <sup>4</sup>
As	3,68	cm <sup>2</sup>	M <sub>r</sub>	1237,8	kN.cm
As'	0,62	cm <sup>2</sup>	I <sub>0</sub>	74666,7	cm <sup>4</sup>
			I <sub>eq.</sub>	31132,9	cm <sup>4</sup>
f <sub>0</sub>	0,55	cm	f <sub>TOT.</sub>	1,24	cm

**Tabela 10: Dimensionamento viga V6.**

V6		14	x	76	cm
L =	4,95	m			
Combinação ELU					
M <sub>k</sub>	6946	kN.cm			
A <sub>s</sub> <sub>nec.</sub>	3,29	cm <sup>2</sup>	->	3φ12,5	
V <sub>k</sub>	56,1	kN			
A <sub>sw</sub> <sub>nec.</sub>	1,23	cm <sup>2</sup> /m	->	φ6,3 c/30	
I <sub>b</sub> <sub>nec.</sub>	27	cm			
A <sub>min.</sub>	1,8	cm <sup>2</sup>			
Combinação Quase Permanente ELS					
f <sub>elástica</sub>	0,14	cm	X <sub>II</sub>	16,7	cm
M <sub>CQP</sub>	6202	kN.cm	I <sub>II</sub>	137952,5	cm <sup>4</sup>
As	3,68	cm <sup>2</sup>	M <sub>r</sub>	4468,6	kN.cm
As'	0,62	cm <sup>2</sup>	I <sub>0</sub>	512138,7	cm <sup>4</sup>
			I <sub>eq.</sub>	277898,6	cm <sup>4</sup>
f <sub>0</sub>	0,26	cm	f <sub>TOT.</sub>	0,59	cm

**Tabela 11: Dimensionamento viga V7.**

V7		14	x	76	cm
L =	5,4	m			
Combinação ELU					
M <sub>k</sub>	7808	kN.cm			
A <sub>s</sub> <sub>nec.</sub>	3,74	cm <sup>2</sup>	->	3φ12,5	
V <sub>k</sub>	57,8	kN			
A <sub>sw</sub> <sub>nec.</sub>	1,23	cm <sup>2</sup> /m	->	φ6,3 c/30	
I <sub>b</sub> <sub>nec.</sub>	28	cm			
A <sub>min.</sub>	1,9	cm <sup>2</sup>			
Combinação Quase Permanente ELS					
f <sub>elástica</sub>	0,19	cm	X <sub>II</sub>	16,7	cm
M <sub>CQP</sub>	7266,308	kN.cm	I <sub>II</sub>	137952,5	cm <sup>4</sup>
As	3,68	cm <sup>2</sup>	M <sub>r</sub>	4468,6	kN.cm
As'	0,62	cm <sup>2</sup>	I <sub>0</sub>	512138,7	cm <sup>4</sup>
			I <sub>eq.</sub>	224979,9	cm <sup>4</sup>
f <sub>0</sub>	0,43	cm	f <sub>TOT.</sub>	0,99	cm

**Tabela 12: Dimensionamento viga V8.**

V8		14	x	40	cm
L =	2,1	m			
Combinação ELU					
M <sub>k</sub>	1184	kN.cm			
A <sub>s</sub> <sub>nec.</sub>	1,10	cm <sup>2</sup>	->	2φ10	
V <sub>k</sub>	22,5	kN			
A <sub>sw</sub> <sub>nec.</sub>	1,23	cm <sup>2</sup> /m	->	φ6,3 c/30	
I <sub>b</sub> <sub>nec.</sub>	21	cm			
A <sub>min.</sub>	0,7	cm <sup>2</sup>			
Combinação Quase Permanente ELS					
f <sub>elástica</sub>	0,03	cm	X <sub>II</sub>	7,8	cm
M <sub>CQP</sub>	1000	kN.cm	I <sub>II</sub>	15561,2	cm <sup>4</sup>
As	1,57	cm <sup>2</sup>	M <sub>r</sub>	1237,8	kN.cm
As'	0,62	cm <sup>2</sup>	I <sub>0</sub>	74666,7	cm <sup>4</sup>
			I <sub>eq.</sub>	127674,7	cm <sup>4</sup>
f <sub>0</sub>	0,03	cm	f <sub>TOT.</sub>	0,07	cm

**Tabela 13: Dimensionamento vigas V9 e V14.**

V9 e V14	14	x	40	cm
L =	3,75	m		
Combinação ELU				
M <sub>k</sub>	677	kN.cm		
A <sub>s</sub> <sub>nec.</sub>	0,61	cm <sup>2</sup>	->	2φ8
V <sub>k</sub>	7,2	kN		
A <sub>sw</sub> <sub>nec.</sub>	1,23	cm <sup>2</sup> /m	->	φ6,3 c/30
I <sub>b</sub> <sub>nec.</sub>	11	cm		
A <sub>min.</sub>	0,2	cm <sup>2</sup>		
Combinação Quase Permanente ELS				
f <sub>elástica</sub>	0,06	cm	X <sub>II</sub>	6,3 cm
M <sub>CQP</sub>	677	kN.cm	I <sub>II</sub>	10530,9 cm <sup>4</sup>
A <sub>s</sub>	1,00	cm <sup>2</sup>	M <sub>r</sub>	1237,8 kN.cm
A <sub>s'</sub>	0,62	cm <sup>2</sup>	I <sub>0</sub>	74666,7 cm <sup>4</sup>
			I <sub>eq.</sub>	402984,3 cm <sup>4</sup>
f <sub>0</sub>	0,06	cm	f <sub>TOT.</sub>	0,13 cm

**Tabela 14: Dimensionamento viga V10.**

V10	14	x	36	cm
L =	2,25	m		
Combinação ELU				
M <sub>k</sub>	390	kN.cm		
A <sub>s</sub> <sub>nec.</sub>	0,39	cm <sup>2</sup>	->	2φ8
V <sub>k</sub>	6,9	kN		
A <sub>sw</sub> <sub>nec.</sub>	1,23	cm <sup>2</sup> /m	->	φ6,3 c/30
I <sub>b</sub> <sub>nec.</sub>	11	cm		
A <sub>min.</sub>	0,2	cm <sup>2</sup>		
Combinação Quase Permanente ELS				
f <sub>elástica</sub>	0,02	cm	X <sub>II</sub>	6,0 cm
M <sub>CQP</sub>	390	kN.cm	I <sub>II</sub>	8254,5 cm <sup>4</sup>
A <sub>s</sub>	1,00	cm <sup>2</sup>	M <sub>r</sub>	1002,6 kN.cm
A <sub>s'</sub>	0,62	cm <sup>2</sup>	I <sub>0</sub>	54432,0 cm <sup>4</sup>
			I <sub>eq.</sub>	794044,0 cm <sup>4</sup>
f <sub>0</sub>	0,02	cm	f <sub>TOT.</sub>	0,04 cm

**Tabela 15: Dimensionamento viga V11.**

V11		14	x	76	cm
L =	6,45	m			
Combinação ELU					
M <sub>k</sub>	6261	kN.cm			
A <sub>s</sub> <sub>nec.</sub>	2,95	cm <sup>2</sup>	->	3φ12,5	
V <sub>k</sub>	38,8	kN			
A <sub>sw</sub> <sub>nec.</sub>	1,23	cm <sup>2</sup> /m	->	φ6,3 c/30	
I <sub>b</sub> <sub>nec.</sub>	19	cm			
A <sub>min.</sub>	1,3	cm <sup>2</sup>			
Combinação Quase Permanente ELS					
f <sub>elástica</sub>	0,22	cm	X <sub>II</sub>	16,7	cm
M <sub>CQP</sub>	5875	kN.cm	I <sub>II</sub>	137952,5	cm <sup>4</sup>
As	3,68	cm <sup>2</sup>	M <sub>r</sub>	4468,6	kN.cm
As'	0,62	cm <sup>2</sup>	I <sub>0</sub>	512138,7	cm <sup>4</sup>
			I <sub>eq.</sub>	302602,5	cm <sup>4</sup>
f <sub>0</sub>	0,37	cm	f <sub>TOT.</sub>	0,85	cm

**Tabela 16: Dimensionamento vigas V12 e V13.**

V12 e V13		14	x	40	cm
L =	3,75	m			
Combinação ELU					
M <sub>k</sub>	677	kN.cm			
A <sub>s</sub> <sub>nec.</sub>	0,61	cm <sup>2</sup>	->	2φ8	
V <sub>k</sub>	7,2	kN			
A <sub>sw</sub> <sub>nec.</sub>	1,23	cm <sup>2</sup> /m	->	φ6,3 c/30	
I <sub>b</sub> <sub>nec.</sub>	11	cm			
A <sub>min.</sub>	0,2	cm <sup>2</sup>			
Combinação Quase Permanente ELS					
f <sub>elástica</sub>	0,06	cm	X <sub>II</sub>	6,3	cm
M <sub>CQP</sub>	677	kN.cm	I <sub>II</sub>	10530,9	cm <sup>4</sup>
As	1,00	cm <sup>2</sup>	M <sub>r</sub>	1237,8	kN.cm
As'	0,62	cm <sup>2</sup>	I <sub>0</sub>	74666,7	cm <sup>4</sup>
			I <sub>eq.</sub>	402984,3	cm <sup>4</sup>
f <sub>0</sub>	0,01	cm	f <sub>TOT.</sub>	0,02	cm

O posicionamento das barras na seção transversal das vigas atendeu aos quesitos de espaçamentos mínimos recomendados pela ABNT NBR 6118, 2007, ou seja, sendo  $e_h$  o espaçamento horizontal entre as faces de duas barras e  $e_v$  o espaçamento vertical:

$$e_h \geq \begin{cases} \phi \\ 2cm \\ 1,2\phi_{máx,agregado} \end{cases}$$

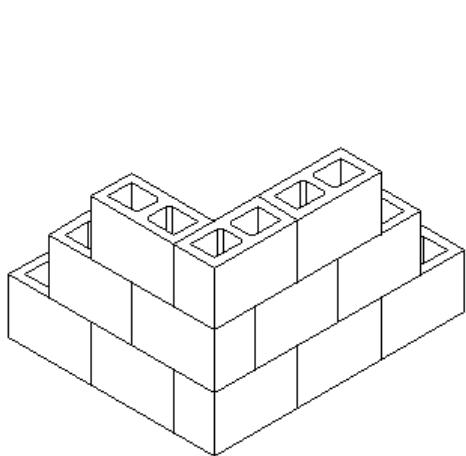
$$e_v \geq \begin{cases} \phi \\ 2cm \\ 0,5\phi_{máx,agregado} \end{cases}$$

O agregado graúdo adotado na verificação foi a brita 1, que possui diâmetro máximo de 19mm ([www.britacal.com.br](http://www.britacal.com.br)).

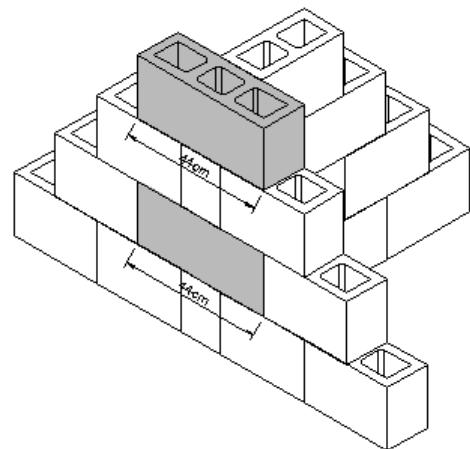
### 5.3.3 Detalhes construtivos

Os detalhes construtivos do projeto dizem respeito às técnicas e elementos de construção utilizados em edifícios de alvenaria estrutural, como amarração entre blocos, modulação, vergas e contravergas entre outros.

No encontro entre paredes foi adotada amarração entre os blocos pois, segundo Franco (2012), permite redistribuição das cargas verticais, aumenta a rigidez das paredes aos esforços de vento e diminui a possibilidade de surgimento de patologias. Serão adotadas amarrações em “L” (Figura 65), onde, no caso da família 30, não será necessário uso de blocos de diferentes dimensões ou compensadores, e em “T” (Figura 66), que necessitam dos denominados “bloco e meio” a cada duas fiadas, sendo, para família 30, blocos de 44cm de comprimento.

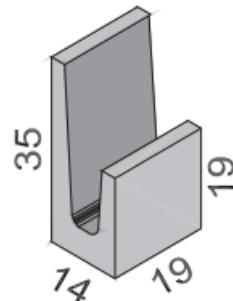


**Figura 65: Amarração em "L".**



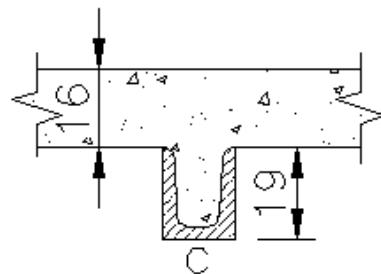
**Figura 66: Amarração em "T".**

Outro detalhe importante ocorre no apoio das lajes nas paredes de alvenaria. Visando a redução da necessidade de fôrmas, nos apoios das lajes de borda foram utilizados blocos jota com dimensões comerciais, que permitam o apoio de lajes com altura total de 16cm, como ilustrado na Figura 67.



**Figura 67: Detalhe dos blocos "J" (Fonte: [www.tatu.com.br](http://www.tatu.com.br)).**

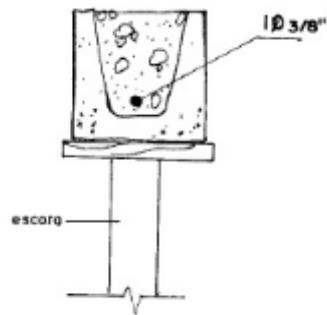
Para lajes centrais é previsto uso de canaleta sob o apoio, criando uma cinta de concreto conforme ilustrado na Figura 68.



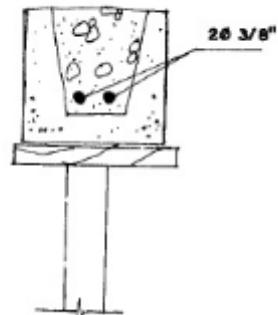
**Figura 68: Detalhe da cinta de concreto.**

Nos vãos de portas e janelas foram previstas vergas e contravergas produzidas na obra através do uso de blocos canaletas armados e enchidos com graute.

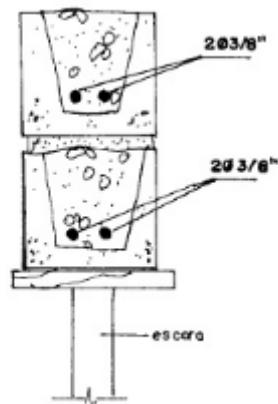
A quantidade de armadura necessária foi tomada a partir das recomendações da apostila Técnicas de Construção Civil (Milito, 2009). Na Figura 69 à Figura 71 são ilustradas as vergas para vãos de até 1,00 m, de 1,00m a 1,50 m e de 1,50 m até 2,00 m respectivamente.



**Figura 69: Vergas até 1,00m de vão (Fonte: Milito, 2009).**



**Figura 70: Vergas de 1,00m até 1,50m de vão (Fonte: Milito, 2009).**



**Figura 71: Vergas de 1,50m até 2,00m de vão (Fonte: Milito, 2009).**

Diretamente sob o apoio de vigas é necessária presença de coxins de concreto, como ilustrado na Figura 72, que evitem os efeitos de carga concentrada causando o cisalhamento dos blocos (Milito, 2009). Através do grauteamento dos blocos na região do apoio, os efeitos de cargas concentradas serão minimizados.



**Figura 72: Ilustração de coxin de concreto sob o apoio de vigas (Fonte: Milito, 2009).**

Os projetos estruturais desenvolvidos estão apresentados no apêndice F.

## 5.4 Elétrica “B”

Devido à mudança de arquitetura do projeto “B” foi necessário rever as cargas elétricas da residência. A metodologia adotada para o cálculo das novas cargas foi a mesma utilizada no projeto “A”. Portanto, será mostrada apenas a Tabela 17 de cálculo das cargas elétricas que levou à determinação do tipo de fornecimento e tensão.

**Tabela 17: Tabela de cargas elétricas do projeto "B"**

Nível	Dependência	area (m <sup>2</sup> )	perímetro (m)	potencia de iluminacao (VA)	Pontos de Iluminação		PTUG'S		PTUE'S	
					Quantidade min	potência (VA)	circuito2	discriminação	potência (W)	
1 andar	garagem*	56.25	31.5	820	7	700	3	alimentação carro elétrico	400	
	hall entrada	14.335	21	220	5	500	3	-	-	
	escritorio	23.04	19.2	340	4	400	3	ar condicionado	3000	
	lavabo	3.8025	7.8	100	1	100	3	-	-	
2 andar	sala	77.67	61.8	1120	13	1300	3	-	-	
	lavabo	3.8025	7.8	100	1	100	3	-	-	
	cozinha	26.2687	22.35	400	5	800	4	geladeira, freezer e lavalouças	2000	
	lavanderia	7	11	100	3	600	4	maquina de lavar e secadora	2200	
	quarto empr.	8.415	11.7	100	3	300	4	ar-condicionado	1200	
	banho empr.	2.34	6.3	100	1	600	4	-	-	
	area de lazer	16.56	16.5	220	4	400	3	-	-	
	terraço*	93	65.3	1360	1	100	3	-	-	
	3 andar	28.08	21.4	400	5	500	3	ar-condicionado	3000	
	banho suite grande	9.36	13.5	100	3	600	3	hidromassagem	1000	
	suite 1	18.9	18.6	280	4	400	3	ar-condicionado	2200	
	banho suite 1	4.6575	9.6	100	1	600	3	-	-	
	suite 2	17.415	19.2	220	4	400	3	ar-condicionado	1800	
	banho suite 2	4.86	9.9	100	1	600	3	-	-	
	suite 3	17.415	19.2	220	4	400	3	ar-condicionado	1800	
	banho suite 3	4.86	9.9	100	1	600	3	-	-	
	hall dormitorios	44.1	29.1	640	6	600	3	-	-	
	área externa	-	-	800	-	-	-	-	-	
	Total			7940	77	8480	3		7	18600
								Total (W)		35020

A partir da tabela de cargas elétricas determinou-se que a potência total necessária para a residência do projeto “B” é de aproximadamente 35000W.

Assim, para uma potência total ativa instalada de mais de 25000W nas áreas de concessão da rede “edp Bandeirante”, que é a concessionária da região do empreendimento, sugere-se o fornecimento trifásico, feito a quatro fios (três fases e um neutro) e tensões 220V.

Uma vez determinado o tipo de fornecimento, pôde se determinar o padrão de entrada da residência.

Os quadros de distribuição, que são os centros de distribuição de toda a instalação elétrica, foram instalados em cada andar da residência para organizar melhor os dispositivos de proteção elétrica (disjuntores), uma vez que a casa, dadas suas grandes dimensões, necessitaria de diversos circuitos elétricos. No primeiro andar, o quadro de distribuição foi disposto de maneira a estar próximo da caixa de medição e em lugar de fácil acesso. Isto foi feito para se evitar gastos desnecessários com os condutores de distribuição, que são os mais caros de toda a instalação . Nos demais andares, o quadro de distribuição foi instalado projetando-se sua posição do andar anterior para o andar seguinte.

No andar térreo da residência, que consiste apenas da garagem, hall de entrada, escritório e um lavabo, os circuitos de alimentação de tomadas e de iluminação foram divididos em apenas três circuitos. Enquanto que, no primeiro andar da residência, onde se encontram a maior parte dos cômodos de uso comum e de uso mais frequente, como salas, cozinhas e banheiros, foi necessário agrupar os pontos de alimentação de tomadas e iluminação em 6 diferentes circuitos para não sobrecarregar a rede e garantir a integridade dos fios. No segundo andar da casa, onde se encontram os dormitórios e a sala técnica, foram necessários 4 circuitos. Portanto, os quadros de distribuição foram dimensionados de acordo com o número disjuntores necessários no segundo andar da residência, que é onde se encontram o maior número de circuitos agrupados.

Os circuitos terminais da residência foram definidos e dimensionados de acordo com os seguintes critérios estabelecidos pela ABNT NBR 5410, 2004:

- Prever circuitos de iluminação separados dos circuitos de pontos de tomadas de uso geral.
- Prever circuitos independentes, exclusivos para cada equipamento com corrente nominal superior a 10<sup>a</sup>. Por exemplo, equipamentos ligados em 127V com potências acima de 1270 VA (127 V x 10 A) devem ter um circuito exclusivo.
- Os pontos de tomada de cozinha, copas, copas-cozinhas, áreas de serviços, lavanderias e locais semelhantes devem ser alimentados por circuitos destinados a estes locais.

Além dessas considerações, levou-se em consideração as potências totais em cada circuito para que a seção dos condutores não resultassem em bitolas muito grandes, dificultando a instalação dos condutores nos eletrodutos e as ligações terminais (interruptores e tomadas). Para isso, foi limitada a corrente máxima nos condutores em até 10A.

O Quadro 15 apresenta a divisão dos circuitos em relação ao tipo de uso dos circuitos.

**Quadro 15: Divisão dos circuitos.**

circuito 1	iluminacao social
circuito 2	iluminacao social
circuito 3	iluminacao social
circuito 4	iluminacao social
circuito 5	iluminacao de servico
circuito 6	PTUG social
circuito 7	PTUG social
circuito 8	PTUG social
circuito 9	PTUG social
circuito 10	PTUG serviço
circuito 11	PTUG serviço
circuito 12	PTUE social
circuito 13	PTUE servico

Há três fases e um terra alimentando o quadro de distribuição. Sendo assim, nesse projeto, todos os circuitos da casa são ligados fase a fase apresentando tensão de 220V, que é o tipo de instalação recomendado pela concessionária da cidade pois a maioria dos eletrodomésticos comercializados na região tem esta tensão nominal.

A simbologia adotada no projeto foi utilizada seguindo a apresentada no Manual de Instalação Prysmian (2006).

O caminhamento dos eletrodutos, desde o quadro de distribuição até os pontos de alimentação de tomadas e pontos de luz foram determinados de forma a encurtar as distâncias entre os pontos de ligação. Para isso, foram utilizados três tipo de caminhamentos de eletrodutos:

- Eletroduto embutido na laje
- Eletroduto embutido na parede
- Eletroduto embutido no piso

Em ambientes de grande extensão, como salas e cozinhas, foram utilizados interruptores em paralelo, alocados em regiões distintas do cômodo, para facilitar a utilização da iluminação pelos usuários.

A seguir apresenta-se a Tabela 18 de dimensionamento dos circuitos dos pontos de iluminação.

**Tabela 18: Dimensionamento dos circuitos dos pontos de iluminação**

Nível	Dependencia	Potencia de iluminacao (VA)	Circuito	Potencia total no circuito (VA)	Corrente (A)	Maior nº de circuitos agrupados	Seção dos condutores (mm <sup>2</sup> )
1 andar	garagem*	820	1	1480	6.73	2	1.5
1 andar	hall entrada	220					
1 andar	escritorio	340					
1 andar	lavabo	100					
2 andar	sala	1120	2	1440	6.55	3	1.5
2 andar	lavabo	100					
2 andar	area de lazer	220					
2 andar	cozinha	400	4	1500	6.82	4	1.5
2 andar	lavanderia	100					
2 andar	quarto empr.	100					
2 andar	banho empr.	100					
2 andar	área externa	800					
3 andar	suíte grande	400	3	2160	9.82	3	1.5
3 andar	banho suíte grande	100					
3 andar	suite 1	280					
3 andar	banho suite 1	100					
3 andar	suite 2	220					
3 andar	banho suite 2	100					
3 andar	suite 3	220					
3 andar	banho suite 3	100					
3 andar	hall dormitorios	640					

A seguir apresenta-se a Tabela 19 de dimensionamento dos circuitos e eletrodutos dos PTUG (pontos de tomada de uso geral).

**Tabela 19: Dimensionamento dos circuitos de PTUG's.**

<b>Nível</b>	<b>Dependencia</b>	<b>Quantidade</b>	<b>potência (VA)</b>	<b>circuito</b>	<b>PTUG'S</b>			
					<b>potencia total no circuito (VA)</b>	<b>corrente (A)</b>	<b>nº de circuitos agrupados</b>	<b>seção dos condutores (mm<sup>2</sup>)</b>
1 andar	garagem*	0	0					
1 andar	hall entrada	5	500					
1 andar	escritorio	4	400					
1 andar	lavabo	1	100					
2 andar	sala	13	1300					
2 andar	lavabo	1	100					
2 andar	area de lazer	4	400					
2 andar	cozinha	5	2000	9	2000	9.09	3	2.5
2 andar	lavanderia	3	600					
2 andar	quarto empr.	3	300					
2 andar	banho empr.	1	600					
2 andar	área externa	-	-	-				
3 andar	suíte grande	5	500					
3 andar	banho suite grande	3	600					
3 andar	suite 1	4	400					
3 andar	banho suite 1	1	600					
3 andar	suite 2	4	400					
3 andar	banho suite 2	1	600					
3 andar	suite 3	4	400					
3 andar	banho suite 3	1	600					
3 andar	hall dormitorios	6	600					

A seguir apresenta-se a Tabela 20 de dimensionamento dos condutores dos circuitos de PTUE's (pontos de tomada de uso específico).

**Tabela 20: Dimensionamento dos circuitos de PTUE's.**

PTUE'S								
Nível	Dependencia	discriminação	potência (W)	circuito	potencia total no circuito (W)	corrente (A)	maior nº de circuitos agrupados	seção dos condutores (mm <sup>2</sup> )
1 andar	garagem*	alimentação carro elétrico	400	11	400	1.82	1	2.5
2 andar	cozinha	fogão, geladeira, freezer e lavalouças	2000	13	4200	19.09	1	2.5
2 andar	lavanderia	maquina de lavar e secadora	2200					
3 andar	suíte grande	ar-condicionado	1000					
3 andar	banho suite grande	hidromassagem	1000					
3 andar	suite 1	ar-condicionado	1000	12	9200	41.82	3	4
3 andar	suite 2	ar-condicionado	1000					
3 andar	suite 3	ar-condicionado	1000					

O dimensionamento dos eletrodutos levou em consideração o tamanho nominal do eletroduto necessário para cada trecho da instalação. Segundo recomendações do Manual de Instalação Prysmian (2006), o tamanho do diâmetro externo dos eletrodutos deve ser tal que os condutores não ocupem mais do que 40% da área útil dos eletrodutos.

Considerando esta recomendação, o diâmetro dos eletrodutos foi obtido diretamente da Quadro 16 que fornece o tamanho do eletroduto conhecidos o número de condutores no trecho e a seção nominal do maior condutor.

**Quadro 16: Dimensionamento de eletrodutos.**

<b>Seção nominal (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Número de condutores no eletroduto</b>									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	<b>Tamanho nominal do eletroduto (mm)</b>									
1,5	16	16	16	16	16	16	20	20	20	20
2,5	16	16	16	20	20	20	20	25	25	25
4	16	16	20	20	20	25	25	25	25	25
6	16	20	20	25	25	25	25	32	32	32
10	20	20	25	25	32	32	32	40	40	40
16	20	25	25	32	32	40	40	40	40	40
25	25	32	32	40	40	40	50	50	50	50
35	25	32	40	40	50	50	50	50	50	60
50	32	40	40	50	50	60	60	60	60	75
70	40	40	50	60	60	60	75	75	75	75
95	40	50	60	60	75	75	75	85	85	85
120	50	50	60	75	75	75	85	85	-	-
150	50	60	75	75	85	85	-	-	-	-
185	50	75	75	85	85	-	-	-	-	-
240	60	75	85	-	-	-	-	-	-	-

Assim, para dimensionar os eletrodutos do projeto, determinou-se o número de condutores em cada eletroduto e a maior seção deles, como foi visto nas Tabela 18, Tabela 19 e Tabela 20.

Os projetos completos de instalações elétricas da residência encontram-se em Apêndices G.

## 5.5 Ar-condicionado “B”

Segundo Oliveira (2011), o sistema de condicionamento de ar é o conjunto de equipamentos capaz de resfriar, aquecer, umidificar, desumidificar, filtrar e distribuir o ar. Este sistema tem por objetivo dar ao ambiente condições tais que propiciem com facilidade as trocas de calor do corpo humano na medida de suas necessidades levando em conta:

- Comportamento do corpo como máquina térmica;
- Características do meio em que ele se encontra
- Interação entre meio ambiente e corpo humano

Ainda segundo Oliveira (2011), o desempenho de qualquer atividade física ou mental pode ser otimizado, desde que o ambiente proporcione condições de conforto.

Assim, o sistema de condicionamento de ar da residência estudada foi proposto de maneira a atender às condições mínimas de conforto em determinados ambientes da residência expostos a condições diferentes de ocupação, utilização, disposição de móveis e radiação solar.

O principal fator de dimensionamento dos equipamentos de ar-condicionado é o tipo de ocupação do ambiente, que influencia indiretamente na determinação da capacidade de refrigeração dos equipamentos a partir do conhecimento da quantidade de calor trocada entre o corpo humano e o ambiente.

Essa quantidade de calor trocada entre o corpo humano e o ambiente, chamada de metabolismo, é dividida em três tipos de trocas:

- Por convecção (C)
- Por radiação (R)
- Por evaporação (E)

O metabolismo por sua vez, é calculado a partir da seguinte equação:

$$M = C + R + E + A$$

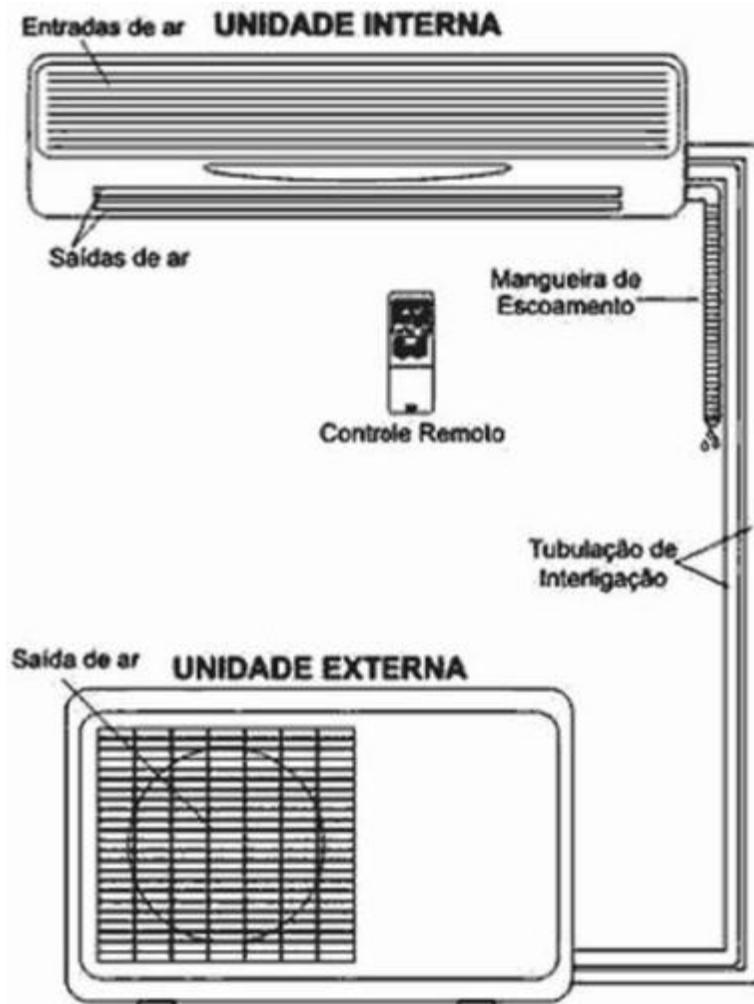
Onde:

- M é o metabolismo (calor gerado nas células do corpo).
- C é o calor trocado por convecção.
- R é o calor trocado por radiação.
- E é o calor trocado por evaporação.
- A é a variação do calor armazenado.

Segundo Oliveira (2011) os sistemas de condicionamento de ar podem ser classificados em dois tipos principais:

- Sistema de Expansão Direta: onde o refrigerante contido numa serpentina, ao se evaporar, resfria diretamente o ar em contato com ela.
- Sistema de Expansão Indireta: onde um refrigerante primário refria um fluido intermediário que, passando por uma serpentina, retira o calor proveniente dos ambientes.

O sistema adotado para o projeto da residência estudada foi o Sistema de Expansão Direta com condicionadores de ar do tipo Split. O sistema está esquematizado na Figura 73.



**Figura 73: Sistema de ar condicionado tipo Split (fonte: FERRAZ, 2005)**

Este sistema foi escolhido tendo em vista algumas de suas vantagens, descritas por Ferraz (2005), relevantes para o projeto de uma residência uni familiar:

- Baixo custo do equipamento e de instalação;
- Baixo nível de ruído (compressor e condensador localizados na parte externa);
- Facilidade e rapidez de instalação;
- Dispensa instalação de sistemas de água gelada;
- Não são necessários grandes trabalhos em alvenaria para a instalação, quando comparados aos aparelhos de janela;
- Permite a correta instalação do evaporador no ambiente a ser condicionado já que esta unidade é remota e pode-se trabalhar com grandes distâncias de tubulação entre as unidades;

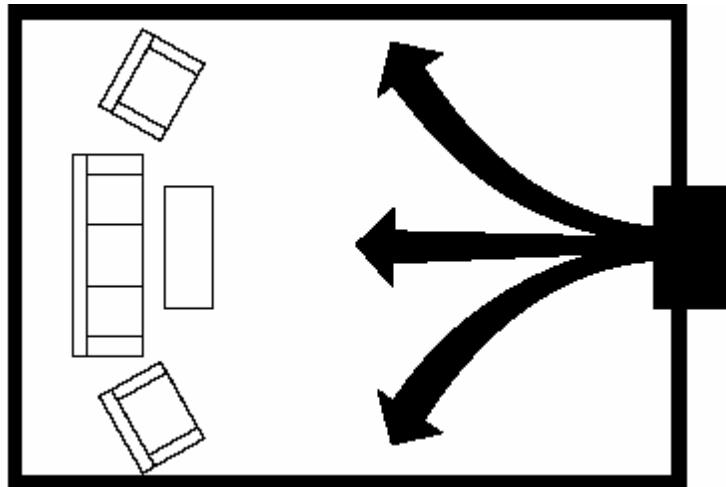
- Possibilidade de relocação e remoção do equipamento para outros ambientes.

Além destas vantagens, nos sistemas tipo Split, o evaporador é conectado por tubulações de cobre aos sistemas de compressão e condensação, localizadas na parte externa construção. Assim, as unidades condensadoras podem ser escondidas em regiões distantes do local de instalação das unidades evaporadoras, minimizando assim as interferências entre projeto arquitetônico e de sistemas de ar condicionado.

Segundo Ferraz (2005), este sistema pode ser simples com um evaporador e um condensador ou ainda complexo com um condensador atendendo a diversos evaporadores. Portanto, no terceiro andar da residência, onde ficam os dormitórios e todos os cômodos são providos de unidade de ar-condicionado, foi proposta a utilização de uma única unidade condensadora capaz de atender a 4 unidades evaporadores existentes, permitindo assim, a redução da área externa necessária a acomodação das unidades condensadoras.

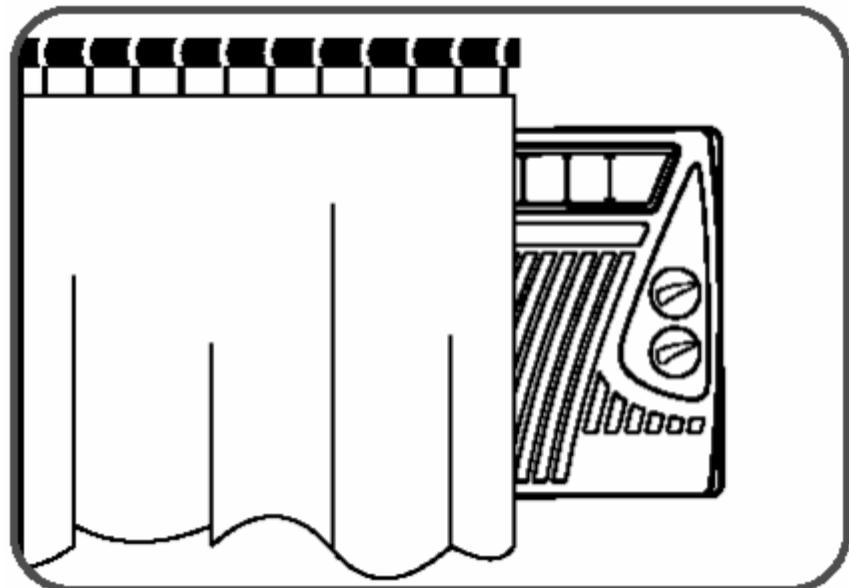
A disposição das unidades evaporadoras e condensadoras na residência foi pensada de maneira a atender às seguintes recomendações sugeridas por Ferraz (2005):

- Instalar o condicionador de modo que o fluxo de ar que sai do aparelho seja paralelo à maior dimensão do ambiente conforme esquematizado na Figura 74.



**Figura 74: Fluxo de ar do aparelho paralelo a maior dimensão do ambiente (fonte: FERRAZ, 2005)**

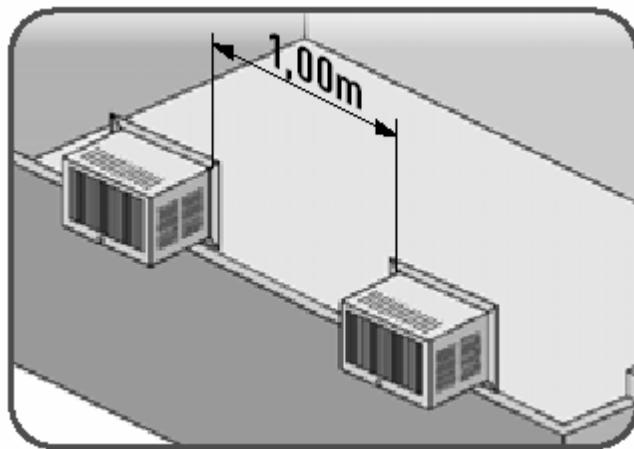
- Evitar a proximidade com cortinas, divisórias, móveis ou outros obstáculos, pois o ar deve circular livremente conforme esquematizado na Figura 75.



**Figura 75: Ar condicionado instalado inadequadamente (fonte: FERRAZ, 2005)**

- Se o ambiente necessitar de dois ou mais aparelhos, nunca os colocar frente a frente para evitar curto circuito.
- Se instalados na mesma parede, manter a distância de 1 m entre eles e de 0,5 m da parede perpendicular. Esse procedimento visa evitar que o fluxo de

ar de um condicionador interfira no do outro, conforme esquematizado na Figura 76.



**Figura 76: Distanciamento mínimo entre unidades de ar condicionado (fonte: FERRAZ, F. Notas de Aula de Sistemas de Climatização)**

- Não instalar o condicionador de ar com a parte externa voltada para lugares fechados, como forros, garagens, etc.
- Evitar instalar em lugares com incidência direta de sol.
- A altura mínima para a instalação do aparelho é de 1,5 m em relação ao piso.

O dimensionamento das unidades de ar-condicionado de cada ambiente da residência foi obtido a partir de um programa encontrado no site da fabricante Carrier. No programa, entra-se com os seguintes dados referentes aos ambientes a terem o seu ar refrigerado:

- Tipo de construção (nova, recente ou antiga).
- Tipo de ambiente (sala, escritório, quarto ou espaço comum).
- Localização do ambiente (tipo de ocupação dos níveis imediatamente superior e inferior).
- Dimensões do ambiente (comprimento e largura).
- Número de paredes exteriores.
- Número de janelas e portas.
- Exposição do ambiente em relação a incidencia de luz solar.
- Número de pessoas que ocuparão o ambiente simultaneamente.

- Tipo e intensidade de iluminação artificial utilizada no ambiente.
- Potência dos equipamentos elétricos encontrados no ambiente.

Dessa maneira, organizaram-se os dados de entrada de cada um dos ambientes e seus respectivos valores de capacidade de resfriamento de ar necessários, medidos em BTU/h, na Tabela 21.

**Tabela 21: Dimensionamento dos aparelhos de ar condicionado.**

<b>Tipo de ambiente</b>	<b>Escritorio</b>	<b>Quarto empregada</b>	<b>Suite 1</b>	<b>Suite 2</b>	<b>Suite 3</b>	<b>Suite master</b>
<b>Comprimento (m)</b>	4.8	3.3	4.8	4.8	4.8	5.85
<b>Largura (m)</b>	4.8	2.55	3.75	3.3	3.3	4.8
<b>Ocupação do nível superior</b>	SIM	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
<b>Ocupação do nível inferior</b>	NÃO	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM
<b>nº de paredes exteriores</b>	4	4	4	4	4	4
<b>nº de janelas</b>	1	1	1	1	1	1
<b>nº de portas</b>	1	2	2	2	2	2
<b>nº de pessoas</b>	2	2	1	1	1	2
<b>Potência de iluminação (VA)</b>	340	100	280	220	220	400
<b>Tipo de iluminação</b>	Fluorescente	Fluorescente	Fluorescente	Fluorescente	Fluorescente	Fluorescente
<b>Potência dos equipamentos (W)</b>	1400	1300	1400	1400	1400	2000
<b>Capacidade do equipamento (BTU/h)</b>	<b>23884</b>	<b>10918.4</b>	<b>20472</b>	<b>17060</b>	<b>17060</b>	<b>25931.2</b>

Portanto, para o ambiente identificado como “quarto de empregada” será utilizado o aparelho split high-wall carrier de capacidade nominal de 12000 BTU/h. Para as “suíte 1, será utilizado ar-condicionado com capacidade de até 22000 BTU/h, e para as “suíte 2” e “suíte 3” cujas capacidades de refrigeração não excedem 18000 BTU/h, será utilizado o equipamento split hi-wall Carrier de capacidade nominal de até 18000 BTU/h. Para os demais ambientes (escritório e suíte máster) será utilizado o Split hi-wall Carrier de capacidade nominal de até 30000 BTU/h. Todos os equipamentos podem ser encontrados no site da fabricante Carrier.

Segundo o site da fabricante Carrier, esse tipo de equipamento permite a utilização de unidades condensadoras multi-split, capazes de prover eficiência para combinações de até 48000 BTU/h. Assim, para os quartos da residência, serão utilizadas apenas duas unidades condensadoras (funcionando independentemente) localizadas na área técnica expulsando o ar quente das quatro unidades evaporadoras utilizadas no nível do terceiro andar da residência. Para os demais ambientes providos de sistema de condicionamento de ar, serão utilizados os sistemas simples, com uma unidade condensadora e uma unidade evaporadora dada a maior distância entre os ambientes.

As tubulações de comando frigoríficas dos equipamentos do terceiro andar terão seu caminhamento dado por meio de forros encontrados nos corredores de acesso aos cômodos, partindo de cada uma das unidades evaporadoras até as unidades condensadoras localizadas nas áreas técnicas. As tubulações de dreno também passaram pelo forro do corredor e terão seu deságue em um ralo localizado na área técnica.

Os projetos completos de instalações de ar condicionado da residência encontram-se no Apêndices G.

## 5.6 Água Fria “B”

Segundo a ABNT NBR 5626, 1998, as instalações prediais de água fria devem ser projetadas de modo a atender aos seguintes requisitos, durante a vida útil da edificação:

- “a) preservar a potabilidade da água;
- b) garantir o fornecimento de água de forma contínua, em quantidade adequada e com pressões e velocidades compatíveis com o perfeito funcionamento dos aparelhos sanitários, peças de utilização e demais componentes;
- c) promover economia de água e de energia;
- d) possibilitar manutenção fácil e econômica;
- e) evitar níveis de ruído inadequados à ocupação do ambiente;
- f) proporcionar conforto aos usuários, prevendo peças de utilização adequadamente localizadas, de fácil operação, com vazões satisfatórias e atendendo as demais exigências do usuário.”

Alem disso, deve cumprir os requisitos de desempenho relativos a:

- Qualidade da água;
- Quantidade de água (controle);
- Disponibilidade de água;
- Adequabilidade do uso de água;
- Temperatura da água.

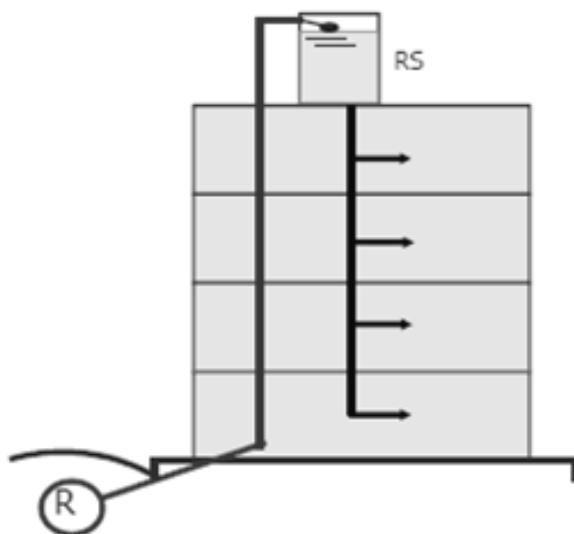
### 5.6.1 Dimensionamento do reservatório de água

A pressão mínima da água oferecida pela concessionária deve ser de 10 mca e a caixa da água está a 10,5 m da entrada de água. Contudo, a casa não está no ponto mais alto da rua e a diferença de altura é maior que 0,5 m, como ilustrado na Figura 77.



**Figura 77: Frente do terreno em alicve.**

Sendo assim, tipo de sistema utilizado foi o Sistema Indireto por Gravidade com reservatório superior (SI-G-RS), como ilustra a Figura 78.



**Figura 78: Sistema Indireto por Gravidade com Reservatório Superior (fonte: Oliveira, 2011).**

Para dimensionar o volume do reservatório, foi considerado um consumo per capita de 200 l/dia por se tratar de uma residência de alto padrão. Como a residência possui quatro suítes mais um quarto de empregada, a população foi estimada em seis pessoas.

Sendo assim, o consumo total da residência seria de 1200 l/dia. Assumindo que poderia faltar água durante três dias, o volume de reservatório necessário seria

de 3600 l. Para suprir essa necessidade, foram instalados dois reservatórios superiores de 2000 l.

### **5.6.2 Dimensionamento do sistema de distribuição**

Os cálculos apresentados visam determinar a pressão dinâmica mínima no ponto mais desfavorável da residência.

Esse ponto está localizado na saída do chuveiro presente na suíte mais distante da caixa d'água. A caixa d'água foi locada 1,00 m acima da laje da cobertura e o ponto de saída do chuveiro está a 1,10 m do topo dessa laje, logo a pressão estática máxima é de 2,1 mca (metros de coluna d'água).

Como a água quente será pressurizada e para garantir um bom desempenho da água fria, esta também será pressurizada com uma bomba de capacidade de 15 mca, assim como a água quente.

A tubulação a partir da caixa d'água até o ponto mais desfavorável foi dividida em trechos limitados pelos pontos de distribuição das prumadas, já que cada prumada alimenta uma determinada quantidade de aparelhos hidros sanitários.

### **5.6.3 Determinação da vazão de projeto:**

Para determinar a vazão de projeto em cada trecho foi usado o método probabilístico recomendado pela ABNT NBR 5626, 1998 , onde não é considerada a utilização simultânea de todos os aparelhos sanitários.

Para cada aparelho é determinado a vazão unitária do ponto de utilização, conforme o Quadro 17.

**Quadro 17: Vazões unitárias dos pontos de utilização (fonte: Oliveira, 2011).**

Aparelho Sanitário	Peça de utilização	Vazão l/s
Bacia sanitária	Caixa de descarga	0,15
	Válvula de descarga	1,70
Banheira	Misturador (água fria)	0,30
Bebedouro	Registro de pressão	0,10
Bidê	Misturador (água fria)	0,10
Chuveiro ou ducha	Misturador (água fria)	0,20
Chuveiro elétrico	Registro de pressão	0,10
Lavadora de pratos ou de roupas	Registro de Pressão	0,30
Lavatório	Torneira ou misturador (água fria)	0,15
Mictório Cerâmico	Válvula de descarga	0,50
sem sifão integrado	Cx, válv. de desc.ou reg.de pressão	0,15
	Caixa de descarga ou reg.de pressão	0,15 p/ m de calha
Pia	Torneira ou misturador (água fria)	0,25
	Torneira elétrica	0,10
Tanque	Torneira	0,25
Torn. jardim ou de lav. em geral	Torneira	0,20

Para cada aparelho é determinado um peso de acordo com o Quadro 18.

**Quadro 18: Pesos atribuídos aos pontos de utilização (fonte: Oliveira, 2011).**

Aparelho Sanitário	Peça de utilização	Peso relativo
Bacia sanitária	Caixa de descarga	0,3
	Válvula de descarga	32
Banheira	Misturador (água fria)	1,0
Bebedouro	Registro de pressão	0,1
Bidê	Misturador (água fria)	0,1
Chuveiro ou ducha	Misturador (água fria)	0,4
Chuveiro elétrico	Registro de pressão	0,1
Lavadora de pratos ou de roupas	Registro de Pressão	1,0
Lavatório	Torneira ou misturador (água fria)	0,3
Mictório Cerâmico	Válvula de descarga	2,8
sem sifão integrado	Cx, válv. de desc.ou reg.de pressão	0,3
	Caixa de descarga ou reg.de pressão	0,3
Pia	Torneira ou misturador (água fria)	0,7
	Torneira elétrica	0,1
Tanque	Torneira	0,7
Torn. jardim ou de lav. em geral	Torneira	0,4

A vazão de projeto é definida como:

$$Q_{PT} = 0,3\sqrt{\sum n_i p_i} \quad (\text{l/s})$$

Onde:

$n_i$  = número de aparelhos do tipo “i”.

$p_i$  = peso relativo do aparelho tipo “i”.

Para o caso dos ramais, a determinação da vazão de projeto foi feita através da incorporação de fatores de simultaneidade à vazão máxima possível, obtendo-se a vazão máxima provável, ou então, simplesmente soma das vazões dos aparelhos ligados ao ramal e que se julga estarem em funcionamento simultâneo, como mostra a Tabela 22.

**Tabela 22: Incorporação de fatores de simultaneidade à vazão máxima possível – água fria.**

	Bacia Sanitária	Banheira	Bebedouro	Bidê	Chuveiro	Lavadora	Lavatório	Pia	Tanque	TOTAL
Peso Relativo	0,3	1,0	0,1	0,1	0,4	1,0	0,3	0,7	0,7	
Trecho 1	7	1	1	4	5	1	8	1	1	10,4
Trecho 2	7	1	1	4	5	0	8	1	0	8,7
Trecho 3	4	1	0	2	2	0	5	0	0	4,7
Trecho 4	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1,1
Trecho 5	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1,1
Trecho 6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,4

Para a perda de carga linear foi utilizada a fórmula de Fair Whipple-Hsiao para tubos de PVC:

$$J = 0,00085 \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

Onde:

J = perda de carga linear (m/m)

Q = vazão de projeto ( $m^3/s$ )

D= diâmetro da tubulação (m)

Para a determinação da perda localizada será estimado um aumento de 20% do comprimento da tubulação.

Deve-se verificar uma pressão mínima de 5kPa (0,5 mca), sendo recomendado um valor de 10kPa (1,0 mca) principalmente para maior conforto durante utilização do chuveiro.

Com o auxílio de uma planilha Excel os diâmetros das tubulações foram sendo trocados até atingir a pressão mínima necessária, como apresentado na

Tabela 23. Optou-se por um diâmetro constante para a alimentação das prumadas e outro para os ramais e sub-ramais.

**Tabela 23: Dimensionamento dos ramais de água fria.**

Trecho	DN (mm)	(m)	Vazão (l/s)	Perda linear (mca/m)	Perda de Carga (mca)
1	40	7,0	0,97	0,04	0,3
2	40	1,4	0,88	0,03	0,1
3	40	8,0	0,65	0,02	0,2
4	40	7,1	0,31	0,01	0,0
5	20	1,2	0,31	0,14	0,2
6	20	1,2	0,19	0,06	0,1
Pressão Estática		2,2	mca		
Pressão Dinâmica		1,3	mca	OK	

## 5.7 Água Quente “B”

### 5.7.1 Dimensionamento do sistema de distribuição

Assim como o dimensionamento da distribuição de água fria, os cálculos visam determinar a pressão dinâmica mínima no ponto mais desfavorável da residência.

Esse ponto também está localizado na saída do chuveiro presente na suíte mais distante da caixa d'água. Logo a pressão estática máxima também é de 2,1 mca (metros de coluna d'água).

Contudo, o sistema de distribuição de água quente precisa levar a água fria ao aquecedor de passagem que se localiza na varanda técnica que fica logo acima da área de lazer. Além disso, o aquecedor de passagem precisa de uma pressão mínima de 10 mca, o que não é possível alcançar apenas com desnível.

Para garantir esta pressão mínima, será instalada bomba pressurizada automática com capacidade de 15 mca na varanda técnica, logo antes do aquecedor.

Prosseguindo da mesma maneira que com a água fria, o resultado da determinação da vazão de projeto foi feita pela incorporação de fatores de simultaneidade à vazão máxima possível seria a obtida no Tabela 24.

**Tabela 24: Incorporação de fatores de simultaneidade à vazão máxima possível – água quente.**

	Bacia Sanitária	Banheira	Bebedouro	Bidê	Chuveiro	Lavadora	Lavatório	Pia	Tanque	
Peso Relativo	0,3	1,0	0,1	0,1	0,4	1,0	0,3	0,7	0,7	TOTAL
Trecho 1 AF	7	1	1	4	5	1	8	1	1	10,4
Trecho 2 AF	0	1	0	4	5	1	8	1	1	8,2
Trecho 3 AQ	0	1	0	4	5	0	8	1	0	6,5
Trecho 4 AQ	0	0	0	2	2	0	5	0	0	2,5
Trecho 5 AQ	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0,8
Trecho 6 AQ	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0,8
Trecho 7 AQ	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,4

Sendo assim, os diâmetros dos ramais de água quente seriam os descritos no Tabela 25.

**Tabela 25: Dimensionamento dos ramais de água quente.**

Trecho	DN (mm)	(m)	Vazão (l/s)	Perda linear (mca/m)	Perda de Carga (mca)
1 AF	40	7,0	0,97	0,04	0,3
2 AF	40	6,3	0,86	0,03	0,2
3 AQ	40	8,3	0,76	0,03	0,3
4 AQ	40	8,0	0,47	0,01	0,1
5 AQ	40	7,1	0,27	0,00	0,0
6 AQ	25	1,2	0,27	0,04	0,1
7 AQ	25	1,2	0,19	0,02	0,0
Pressão Estática		2,2	mca		
Pressão devido Bomba		15,0	mca		
Pressão Dinâmica		16,2	mca	OK	

## 5.8 Esgoto Sanitário “B”

A importância do Sistema Predial de Esgoto Sanitário na Construção Civil relaciona-se com as primordiais necessidades relativas à higiene e saúde. Sua função é coletar e conduzir o esgoto sanitário a uma rede pública de coleta ou sistema particular de tratamento. Além disso, deve atender a alguns requisitos de desempenhos.

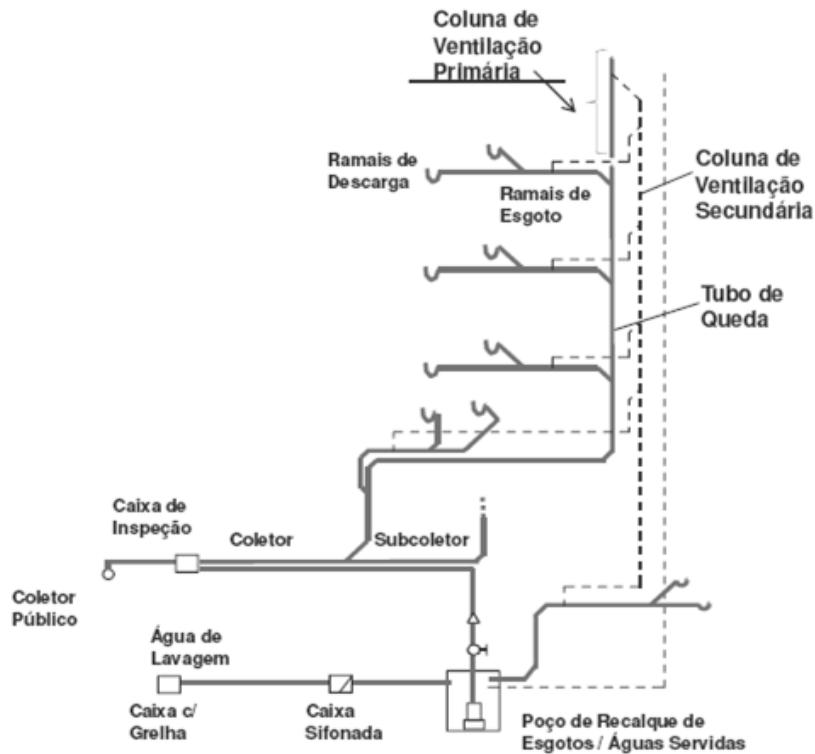
De acordo com a ABNT NBR 8160, 1999, o sistema predial de esgoto deve ser projetado de modo a:

- a) evitar a contaminação da água, de forma a garantir a sua qualidade de consumo, tanto no interior dos sistemas de suprimento e de equipamentos sanitários, como nos ambientes receptores;
- b) permitir o rápido escoamento da água utilizada e dos despejos introduzidos, evitando a ocorrência de vazamentos e a formação de depósitos no interior das tubulações;
- c) impedir que os gases provenientes do interior do sistema predial de esgoto sanitário atinjam áreas de utilização;
- d) impossibilitar o acesso de corpos estranhos ao interior do sistema;
- e) permitir que os seus componentes sejam facilmente inspecionáveis;
- f) impossibilitar o acesso de esgoto ao subsistema de ventilação;
- g) permitir a fixação dos aparelhos sanitários somente por dispositivos que facilitem a sua remoção para eventuais manutenções.

### 5.8.1 Classificação de Sistema

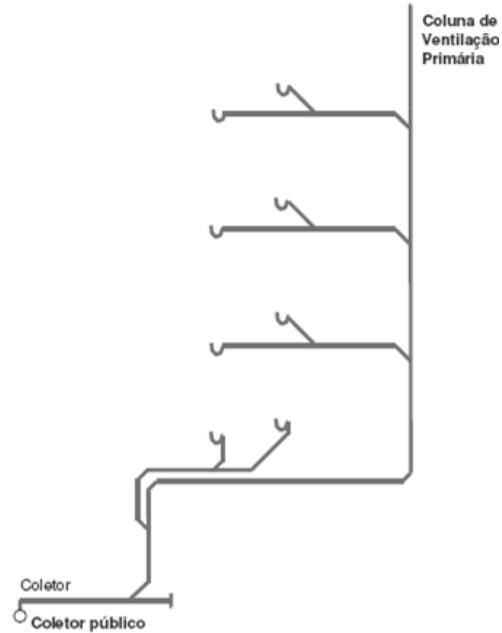
Existem 3 tipos de Sistemas Prediais de Esgoto Sanitário:

- Sistema com Ventilação Secundária (Fully Vented System), apresentada na Figura 79.



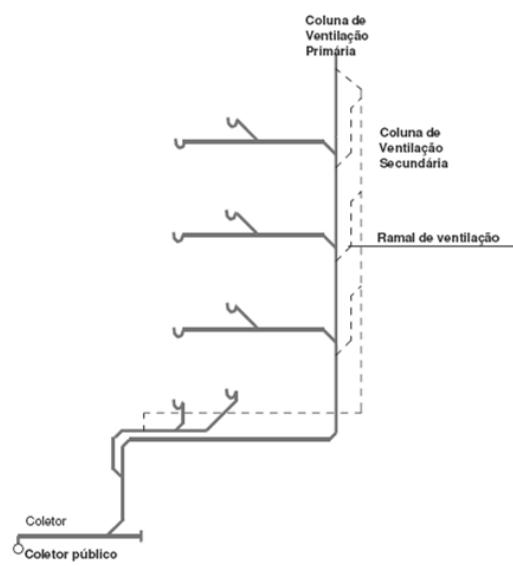
**Figura 79 Sistema com Ventilação Secundária (fonte: Oliveira, 2011).**

- Sistema de Coluna Única (Single Stack System), apresentada na Figura 80



**Figura 80 Sistema de Coluna Única (fonte: Oliveira, 2011).**

- Sistema Modificado com uma coluna e tubo de queda ventilado (Modified one pipe vented stack system), apresentada na Figura 81.

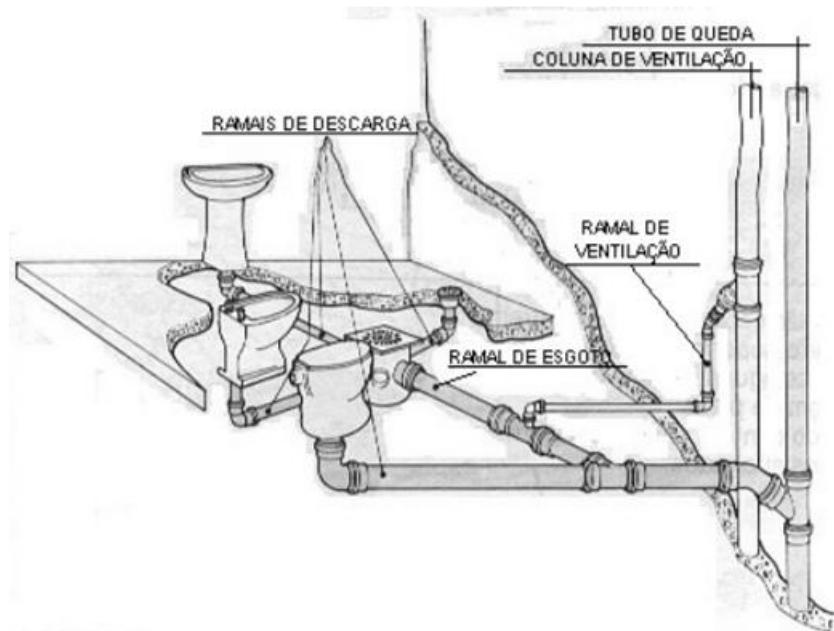


**Figura 81 Sistema Modificado com uma coluna e tubo de queda ventilado (fonte: Oliveira, 2011).**

Para a residência foi escolhido o Sistema com Ventilação Secundária.

### 5.8.2 Componentes do sistema

A Figura 82 ilustra os principais componentes do Sistema Predial de Esgoto Sanitário com Ventilação Secundária:



**Figura 82 Componentes do Sistema Predial de Esgoto Sanitário (fonte: Oliveira, 2011).**

### 5.8.3 Dimensionamento da tubulação

Para dimensionar foi utilizado o método das unidades de Hunter de contribuição - UHC. Para isso, foi adotado o fator numérico de contribuição em função da utilização habitual de cada tipo de aparelho sanitário, de acordo com o Quadro 19. Além disso, foi respeitado o diâmetro mínimo de cada aparelho apresentado na mesma tabela.

**Quadro 19: Unidades de Hunter de Contribuição dos aparelhos sanitários e diâmetro nominal mínimo dos ramais de descarga (fonte: aula disciplina PCC2465, POLI-USP)**

Aparelho sanitário		Número de Unidades de Hunter de Contribuição	Diâmetro nominal mínimo do ramal de descarga DN
bacia sanitária		6	100 <sup>(1)</sup>
banheira de residência		2	40
bebedouro		0,5	40
bidê		1	40
chuveiro	de residência coletivo	2 4	40 40
lavatório	de residência de uso geral	1 2	40 40
mictório	válvula de descarga caixa de descarga descarga automática de calha	6 5 2 2 <sup>(2)</sup>	75 50 40 50
pia de cozinha residencial		3	50
pia de cozinha industrial	preparação lavagem de panelas	3 4	50 50
tanque de lavar roupas		3	40
máquina de lavar louças		2	50 <sup>(3)</sup>
máquina de lavar roupas		3	50 <sup>(3)</sup>

Através do método de UHC, foram encontrados os diâmetros dos ramais de descarga que existem na casa, demonstrado no Quadro 20.

**Quadro 20: Diâmetros dos ramais de descarga (fonte: aula disciplina PCC2465, POLI-USP)**

	Diâmetro nominal do ramal de descarga (DN)
Bacia sanitária	100
Bide	40
Lavatório	40
Chuveiro	40
Banheira	40
Maquina de lavar roupas	50
Tanque de lavar roupas	40
Pia de cozinha	50

Contou-se o número de cada aparelho em cada cômodo, como apresentado no Quadro 21:

**Quadro 21: Número de aparelhos por cômodo**

	Lavabo 1	Lavabo 2	Cozinha	Serviço	Banheiro de emp	Banheiro suíte 1	Banheiro suite 2	Banheiro suite 3	Banheiro suite master
<b>Bacia sanitária</b>	1	1	0	0	1	1	1	1	1
<b>Bide</b>	0	0	0	0	0	1	1	1	1
<b>Lavatório</b>	1	2	0	0	1	1	1	1	1
<b>Chuveiro</b>	0	0	0	0	1	1	1	1	1
<b>Banheira</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>Maquina de lavar roupas</b>	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<b>Tanque de lavar roupas</b>	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<b>Pia de cozinha</b>	0	0	2	0	0	0	0	0	0

Para dimensionar os ramais de esgoto – os ramais que recebem os efluentes dos ramais de descarga – foi utilizado o Quadro 22 para comparar a somatória nas UHC com o Diâmetro Nominal Mínimo.

**Quadro 22: Diâmetro Nominal mínimo para o Número máximo de UHC - Ramal de Esgoto**  
(fonte: Oliveira, 2011).

Número maximo de unidades Hunter de contribuição	Diâmetro nominal mínimo do ramal de esgoto (DN)
3	40
6	50
20	75
160	100

A Tabela 26 mostra a somatória em cada cômodo das multiplicações dos números de cada tipo de aparelho pelos seus respectivos números de UHC sem considerar a bacia sanitária e os diâmetros encontrados para cada ramal de esgoto antes do encontro com o ramal de descarga da bacia sanitária.

**Tabela 26: Dimensionamento dos ramais de esgoto antes da bacia sanitária.**

Andar	0	1	1	1	1	2	2	2	2
Cômodo	Lavabo 1	Lavabo 2	Cozinha	Serviço	Banheiro de emp	Banheiro suíte 1	Banheiro suite 2	Banheiro suite 3	Banheiro suite master
Somatória de UHC menos bacia sanitária	1	2	6	6	3	4	4	4	6
Diâmetro ramal receptor de efluentes (DN)	40	40	50	50	40	50	50	50	50

A Tabela 27 mostra a somatória em cada cômodo das multiplicações dos números de cada tipo de aparelho pelos seus respectivos números de UHC após o encontro do ramal de descarga da bacia sanitária com o ramal de esgoto dos aparelhos restantes e seus diâmetros encontrados.

**Tabela 27: Dimensionamento dos ramais de esgoto com a bacia sanitária.**

Andar	0	1	1	1	1	2	2	2	2
Cômodo	Lavabo 1	Lavabo 2	Cozinha	Serviço	Banheiro de emp	Banheiro suíte 1	Banheiro suite 2	Banheiro suite 3	Banheiro suite master
Somatória de UHC	7	8	6	6	9	10	10	10	12
Diâmetro ramal receptor de efluentes (DN)	100	100	50	50	100	100	100	100	100

Para dimensionar os Tubos de Queda foi utilizado o Quadro 23 para comparar a somatória nas UHC com o Diâmetro Nominal Mínimo.

**Quadro 23: Diâmetro Nominal mínimo para o Número máximo de UHC – Tubo de Queda (fonte: Oliveira, 2011).**

Número maximo de unidades Hunter de contribuição	Diâmetro nominal mínimo do ramal de descarga (DN)
4	40
10	50
30	75
240	100
960	150

A Tabela 28 mostra o modo que os tubos de queda de cada cômodo foram agrupados e enumerados de 1 a 4. A cozinha não foi agrupada, pois todo seu efluente será encaminhado para a caixa de gordura, localizada no andar térreo.

**Tabela 28: Agrupamento dos tubos de queda.**

Tubo de Queda	2	2	4	3	3	1	3	3	2
Andar	0	1	1	1	1	2	2	2	2
Cômodo	Lavabo 1	Lavabo 2	Cozinha	Serviço	Banheiro de emp	Banheiro suíte 1	Banheiro suite 2	Banheiro suite 3	Banheiro suite master
Somatória de UHC	7	8	6	6	9	10	10	10	12
Diâmetro ramal receptor de efluentes	100	100	50	50	100	100	100	100	100
				100			100		

A Tabela 29 mostra a somatória do número de UHC para cada tubo de queda e o diâmetro nominal mínimo de cada um deles.

**Tabela 29: Dimensionamento dos tubos de queda.**

Tubo de Queda	1	2	3	4
Somatória de UHC	10	27	35	6
Diâmetro Tubo de Queda (DN)	100	100	100	50

Para dimensionar os coletores e subcoletores da residência foi utilizado o Quadro 24. Esta tabela apresenta o diâmetro nominal mínimo do coletor e do subcoletor em função do número máximo de UHC e da inclinação do condutor.

**Quadro 24: Diâmetro nominal mínimo em função do número máximo de UHC e da inclinação do condutor (fonte: Oliveira, 2011).**

Diâmetro nominal mínimo do ramal de descarga (DN)	0,5%	1,0%	2,0%	4,0%
100	-	180	216	250
150	-	700	840	1000
200	1400	1600	1920	2300
250	2500	2900	3500	4200
300	3900	4600	5600	6700

Como a somatória de do número de UCH de todos os aparelhos é 78 e para inclinação de 0,5% só é possível utilizar tubos com diâmetro nominal maiores que 200 mm, foi adotado diâmetro nominal de 100 mm com inclinação de 1,0%.

#### 5.8.4 Dimensionamento dos Tubos de ventilação

Para projetar o sistema de ventilação, foi respeitada a distância máxima de um desconector (sifão) ao tubo ventilador, conforme o Quadro 25.

**Quadro 25: Distância máxima de um desconector (sifão) ao tubo ventilador (fonte: Oliveira, 2011).**

Diâmetro nominal do ramal de descarga <b>DN</b>	Distância máxima <b>m</b>
40	1,00
50	1,20
75	1,80
100	2,40

Para dimensionar o diâmetro dos ramais de ventilação foi utilizada o Quadro 26:

**Quadro 26: Dimensionamento de ramais de ventilação (fonte: Oliveira, 2011).**

Grupo de aparelhos sem bacias sanitárias		Grupo de aparelhos com bacias sanitárias	
Número de Unidades Hunter de Contribuição	Diâmetro nominal do ramal de ventilação	Número de Unidades Hunter de Contribuição	Diâmetro nominal do ramal de ventilação
até 12	40	até 17	50
13 a 18	50	18 a 60	75
19 a 36	75	---	---

Como apenas o ramal de ventilação da cozinha não tem uma bacia sanitária, ela é a única com 40 mm de diâmetro. Apesar de na área de serviço não existir bacia sanitária, o ramal se interliga com o do banheiro de empregada.

O diâmetro do ramal de ventilação da suíte máster é 75 mm.

A somatória de UHC e o diâmetro de cada ramal de ventilação é apresentada na Tabela 30.

**Tabela 30: Diâmetros dos ramais de ventilação.**

Cômodo	Lavabo 1	Lavabo 2	Cozinha	Serviço	Banheiro de emp	Banheiro suíte 1	Banheiro suite 2	Banheiro suite 3	Banheiro suite master
Somatória de UHC	7	8	6	6	9	10	10	10	12
Diâmetro ramal receptor de efluentes (DN) (mm)	50	50	40	50	50	50	50	50	75

Para dimensionamento da coluna de ventilação, foi utilizado Quadro 27:

**Quadro 27: Dimensionamento de colunas de ventilação (fonte: Oliveira, 2011).**

DN TQ	Nºde UHC	Diâmetro nominal mínimo do tubo de ventilação							
		40	50	75	100	150	200	250	300
Comprimento permitido ( m )									
40	8	46	--	--	--	--	--	--	--
40	10	30	--	--	--	--	--	--	--
50	12	23	61	--	--	--	--	--	--
50	20	15	46	--	--	--	--	--	--
75	10	13	46	317	--	--	--	--	--
75	21	10	33	247	--	--	--	--	--
75	53	8	29	207	--	--	--	--	--
75	102	8	26	189	--	--	--	--	--
100	43	--	11	76	299	--	--	--	--
100	140	--	8	61	229	--	--	--	--
100	320	--	7	52	195	--	--	--	--
100	530	--	6	46	177	--	--	--	--
150	500	--	--	10	40	305	--	--	--
150	1100	--	--	8	31	238	--	--	--
150	2000	--	--	7	26	201	--	--	--
150	2900	--	--	6	23	183	--	--	--

O agrupamento dos ramais de ventilação para as colunas de ventilação foi o mesmo dos ramais de esgoto para os tubos de queda, devido aos shafts existentes (Tabela 31).

**Tabela 31: Agrupamento das colunas de ventilação.**

Coluna de ventilação	2	2	4	3	3	1	3	3	2
Andar	0	1	1	1	1	2	2	2	2
Cômodo	Lavabo 1	Lavabo 2	Cozinha	Serviço	Banheiro de emp	Banheiro suíte 1	Banheiro suite 2	Banheiro suite 3	Banheiro suite master
Somatória de UHC	7	8	6	6	9	10	10	10	12
Diâmetro ramal receptor de efluentes (DN) (mm)	50	50	40	50		50	50	50	75

Para cada coluna de ventilação foi calculada a somatória das multiplicações dos números de cada tipo de aparelho pelos seus respectivos números de UHC. Além disso, foi necessário respeitar o comprimento máximo permitido da coluna de ventilação. O diâmetro e o comprimento de cada coluna estão apresentados na Tabela 32.

**Tabela 32: Dimensionamento das colunas de ventilação.**

<b>Coluna de ventilação</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Somatória de UHC</b>	<b>10</b>	<b>27</b>	<b>35</b>	<b>6</b>
<b>Diâmetro Tubo de Queda (DN)</b>	40	50	40	40
<b>Comprimento permitido (m)</b>	30	29	8	46
<b>Comprimento da coluna (m)</b>	3,3	9,3	6,3	6,3

## 5.9 Drenagem “B”

De acordo com a ABNT NBR 10844, 1989, o sistema deve ser projetado de modo a:

- a) recolher e conduzir a Vazão de projeto até locais permitidos pelos dispositivos legais;
- b) ser estanques;
- c) permitir a limpeza e desobstrução de qualquer ponto no interior da instalação;
- d) absorver os esforços provocados pelas variações térmicas a que estão submetidas;
- e) quando passivas de choques mecânicos, ser constituídas de materiais resistentes a estes choques;
- f) nos componentes expostos, utilizar materiais resistentes às intempéries;
- g) nos componentes em contato com outros materiais de construção, utilizar materiais compatíveis;
- h) não provocar ruídos excessivos;
- i) resistir às pressões a que podem estar sujeitas;
- j) ser fixadas de maneira a assegurar resistência e durabilidade.

Além disso, existem outras considerações:

- os condutores de águas pluviais não podem ser usados para receber efluentes de esgotos sanitários ou como tubos de ventilação da instalação predial de esgotos sanitários;
- os condutores da instalação predial de esgotos sanitários não podem ser aproveitados para a condução de águas pluviais;
- as superfícies horizontais de lajes devem ter uma declividade mínima de 0,5% que garanta o escoamento das águas pluviais até os pontos de drenagem previstos
- o diâmetro interno mínimo dos condutores verticais de seção circular é 75mm;
- os condutores horizontais devem ser projetados, sempre que possível, com declividade uniforme com valor mínimo de 0,5%.

O dimensionamento da drenagem foi calculado de acordo com a ABNT NBR 10844 – “Instalações prediais de águas pluviais”, 1989.

Foi encontrada a Vazão de Projeto pela equação:

$$Q = C A I$$

Sendo:

- $Q$  = Vazão de projeto, em L/min
- $I$  = intensidade pluviométrica, em mm/h
- $A$  = área de contribuição, em  $m^2$
- $C$  = o coeficiente de escoamento superficial (considera-se  $C = 1$ );

A área de contribuição é a maior área dentre as seguintes áreas:

- projeção horizontal
- projeção horizontal+ incrementos devido à inclinação;
- projeção horizontal+ incrementos devido às paredes que interceptam água de chuva

Os incrementos devido à inclinação e devido às se devem a ação do vento, ou seja, a água não cai necessariamente perpendicular ao chão. Sendo assim, é considerado um ângulo de inclinação da chuva em relação à horizontal de:

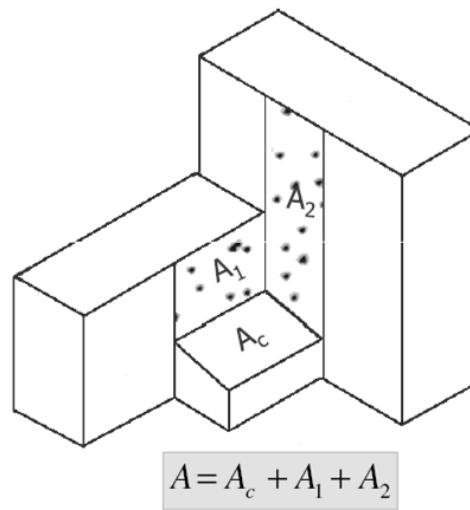
$$\theta = \text{arc tg } 2$$

Como mostra a Figura 83.



**Figura 83:** Ângulo da chuva com a vertical (fonte: Oliveira, 2011).

Os incrementos devido às paredes que interceptam água de chuva se devem à água que se choca com a componente vertical desses elementos, acrescentando ou diminuindo a área de projeção horizontal como ilustra a Figura 84.



**Figura 84:** Incremento da área de contribuição devido a elementos verticais (fonte: Oliveira, 2011).

A Intensidade Pluviométrica ( $I$ ) é baseada em dados pluviométricos locais. Deve ser determinado a partir do pré-estabelecimento de duas variáveis:

- Fixação da duração de precipitação( $t$ ): adotado 5 min;
- Período de retorno ( $T$ ).

O período de retorno ( $T$ ) varia de acordo com a área que está sendo dimensionada. Para:

- Áreas pavimentadas:  $T = 1$  ano;

- Coberturas e / ou terraços:  $T = 5$  anos;
- Coberturas e áreas onde não são permitidos empaçamentos ou extravazamento;  $T = 25$  anos;

Para a região metropolitana de São Paulo, onde Mogi das Cruzes está inserida, os valores de precipitação para cada período de retorno estão no Quadro 28:

**Quadro 28: Intensidade pluviométrica por período de retorno (fonte: Oliveira, 2011).**

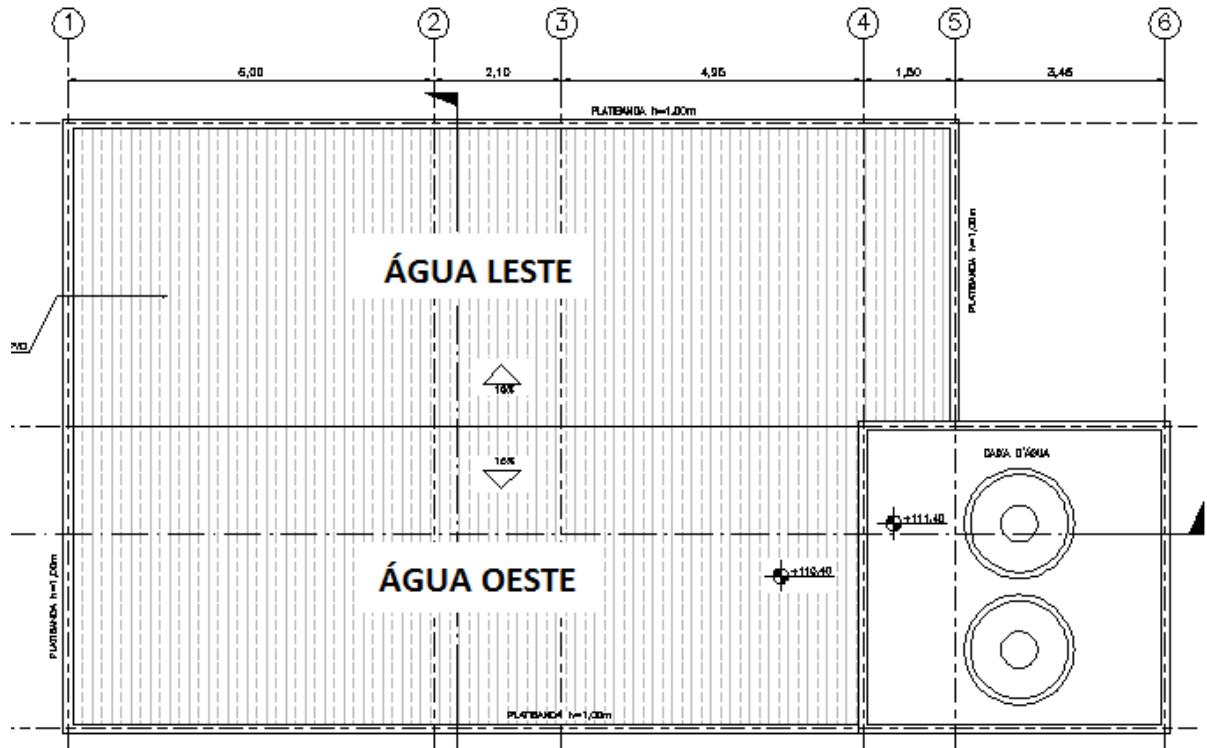
Tempo de retorno (anos)	Precipitações (mm/h)
1	122
5	172
25	208

A drenagem da residência foi dividida em três partes:

- Cobertura
- Tubo dreno
- Pisos descobertos

### 5.9.1 Cobertura

Para o dimensionamento da drenagem da cobertura foi calculada a área de contribuição de cada uma das duas águas da cobertura, a leste e a oeste, representadas na Figura 85.



**Figura 85: Água leste e oeste da cobertura.**

As dimensões da água leste estão na Tabela 33:

**Tabela 33: Dimensões da água Leste.**

$\alpha =$	5 °
$a =$	14,55 m
$b =$	4,95 m
$h =$	0,43 m
$h'$ (platibanda) =	1 m

As dimensões da água oeste estão na Tabela 34:

**Tabela 34: Dimensões da água Oeste.**

$\alpha =$	5 °
$a =$	13,05 m
$b =$	4,95 m
$h =$	0,43 m
$h'$ (platibanda) =	1 m

Sendo assim, a área de contribuição de cada uma das águas foi calculada para as três situações críticas:

- Vento do Leste
- Vento do Oeste

- Chuva sem vento

Os resultados dos cálculos para a água leste e oeste estão respectivamente na Tabela 35 e na Tabela 36.

**Tabela 35: Cálculo da área de contribuição da água leste.**

Vento do leste
$A=a*(b+h/2-h'/2)$
A= 67,90 m <sup>2</sup>
Vento do oeste
$A=a*(b-h/2+h'/2)$
A= 76,15 m <sup>2</sup>
Sem vento
$A=a*b$
A= 72,02 m <sup>2</sup>

**Tabela 36: Cálculo da área de contribuição da água oeste.**

Vento do leste
$A=a*(b+h/2-h'/2)$
A= 68,30 m <sup>2</sup>
Vento do oeste
$A=a*(b-h/2+h'/2)$
A= 60,90 m <sup>2</sup>
Sem vento
$A=a*b$
A= 64,60 m <sup>2</sup>

Para cada uma das águas foi adotada como área de contribuição a maior área das três descritas anteriormente. Sendo assim, foi encontrada a vazão de projeto para cada uma das águas como demonstrado no Tabela 37.

**Tabela 37: Cálculo da vazão de projeto da água oeste.**

Água Leste	Água Oeste
C = 1	C = 1
A = 76,15 m <sup>2</sup>	A = 68,30 m <sup>2</sup>
I (per. Retorno 5 a 172 mm/h	I (per. Retorno 5 ar 172 mm/h
Vazão Total 218,29 l/min	Vazão Total 195,78 l/min

Para dimensionamento das calhas foi utilizada a fórmula de Manning-Strickler demonstrado na Figura 86:

$$Q = K (S/n) (R_h)^{2/3} (i)^{1/2}$$

Onde:

$Q$  = vazão de projeto (l/min);

$S$  = área da seção molhada ( $m^2$ );

$n$  = coeficiente de rugosidade (Tabela 2);

$R_h = S/P$  = raio hidráulico (m), sendo  $P$  = perímetro molhado (m);

$i$  = declividade da calha (m/m);

$K = 60000$

**Figura 86: Fórmula de Manning-Strickler (fonte: Oliveira, 2011).**

O material adotado foi o aço, assim o coeficiente de rugosidade adotado ( $n$ ) foi 0,011, como indica o Quadro 29.

**Quadro 29: Coeficientes de rugosidade (fonte: ABNT NBR 10844, 1989).**

Material	<u>n</u>
plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos	0,011
ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
cerâmica, concreto não-alisado	0,013
alvenaria de tijolos não-revestida	0,015

A partir da equação de Manning-Strickler e do coeficiente de rugosidade, foram testadas algumas opções de calhas comerciais até encontrar uma calha com máxima vazão que pudesse escoar a vazão de projeto das duas águas e garantisse dois terços ou 75 mm de borda livre, o que for maior. A calha calculada foi a de seção de 10 cm x 15 cm, calculada como demonstra a Tabela 38.

**Tabela 38: Cálculo da vazão da calha máxima.**

CALHA ( 10 cm x 15 cm)	
$S=$	0,01 $m^2$
$P=$	0,25 m
$I=$	0,5 %
$n(\text{aço galvanizado})=$	0,011
$K=$	60000
$Q=$	279,29 l/min

Caso a saída de água da calha estivesse a menos de 4 m de uma mudança de direção, seria necessário multiplicar as vazões de projeto pelos coeficientes do Quadro 30. No caso, não foi necessário.

**Quadro 30: Coeficientes multiplicativos da vazão de projeto (fonte: Oliveira, 2011).**

Tipo de Curva	Curva a menos de 2m da saída da calha	Curva entre 2m e 4m da saída da calha
canto reto	1,20	1,10
canto arredondado	1,10	1,05

Para dimensionamento dos condutores verticais, foi utilizado o Quadro 31 que mostra qual o diâmetro do condutor, em polegadas, a partir da área de contribuição, em m<sup>2</sup>, e da intensidade pluviométrica, em mm/h.

**Quadro 31: Dimensionamento de condutores verticais (fonte: Oliveira, 2011).**

Precipitação (mm/h)	Diâmetro do Condutor Vertical			
	2"	3"	4"	5"
25	267,8	818,4	1711,2	3217,8
50	135,9	409,2	855,6	1608,9
76	89,3	272,5	570,1	1072,3
101	67,0	204,6	427,8	804,5
127	53,5	168,7	342,2	648,6
152	44,6	136,7	283,5	536,1
178	38,1	117,2	244,6	439,9
203	33,5	102,3	213,9	402,2
229	29,8	91,1	190,2	357,6
254	27,0	81,1	171,1	321,8
279	24,2	74,4	155,8	292,5
305	22,3	67,9	142,3	267,8

Como a precipitação adotada é 172 mm/h, a área de contribuição da água leste e oeste são, respectivamente, 76,15 m<sup>2</sup> e 68,30 m<sup>2</sup> e haverá apenas um condutor vertical para cada água, pois serão utilizados os mesmos shafts existentes devido dos tubos de queda dos esgoto. Foi adotado a tubulação de 3", ou seja, 76,20mm. O condutor do mercado local mais adequado é o de 75 mm, ou seja, o diâmetro interno mínimo dos condutores verticais.

Para dimensionamento dos condutores horizontais, foi utilizado o Quadro 32 que mostra qual o diâmetro interno do condutor, em milímetros, a partir da vazão, em l/min, coeficiente de rugosidade e da inclinação do duto.

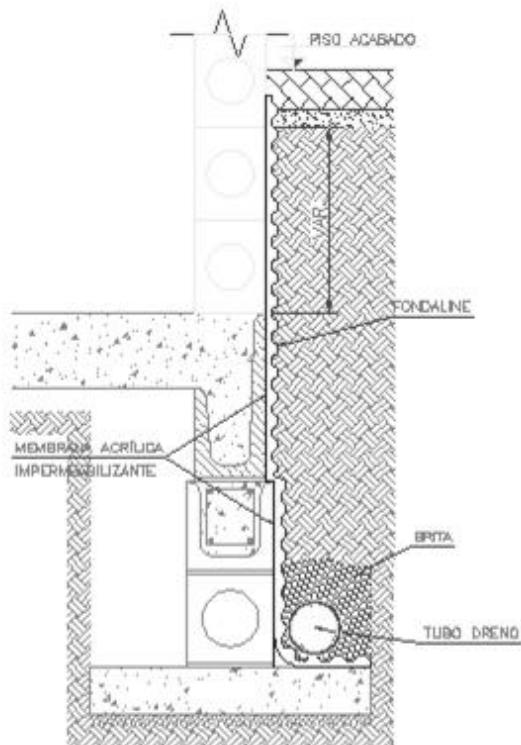
**Quadro 32: Dimensionamento de condutores horizontais no solo (fonte: Oliveira, 2011).**

diâmetro interno 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%
50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
63	59	84	118	168	55	77	108	154	50	71	100	142
75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
125	370	521	735	1040	339	478	674	956	313	441	622	882
150	602	847	1190	1690	552	777	110	1550	509	717	1010	1430
200	1300	1820	2570	3650	1190	1670	2360	3350	1100	1540	2180	3040
250	2350	3310	4660	6620	2150	3030	4280	6070	1990	2800	3950	5600
300	3820	5380	7590	10800	3500	4930	6960	9870	3230	4550	6420	9110

Como o coeficiente de rugosidade é igual a 0,011 materiais plásticos como o PVC, a vazão de projeto para a água leste e oeste são, respectivamente, 218,29 l/min e 195,78 l/min e adotando uma inclinação de 1% o diâmetro da tubulação horizontal desde o condutor vertical até a caixa de inspeção é 150 mm.

### 5.9.2 Tubo dreno

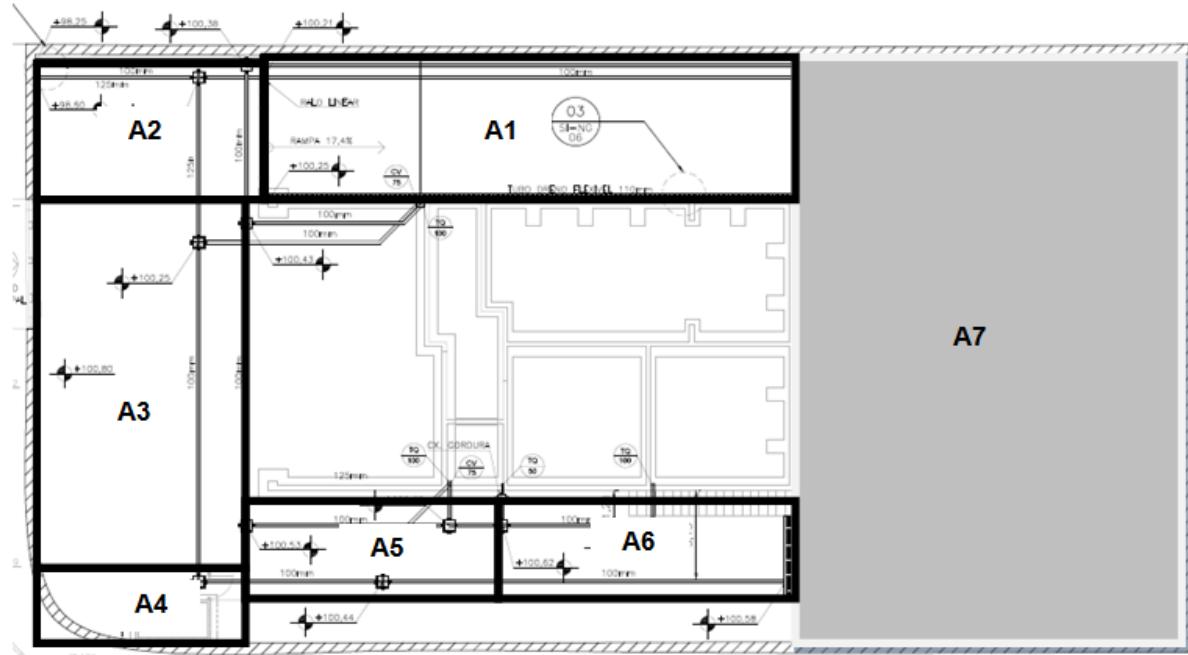
Apesar da maior porção de água ser escoada pelo ralos na superfície; para garantir maior estabilidade da fundação e evitar a infiltração de água pela alvenaria, serão instalados drenos logo acima da sapata ao longo dos lados sul e leste da edificação, como mostra a Figura 87.



**Figura 87: Tubo dreno sobre a sapata corrida .**

### 5.9.3 Pisos descobertos

Sempre que possível foi mantido um cimento de pelo menos 0,5% para os ralos. O piso descoberto foi dividido em sete áreas como mostra a Figura 88.



**Figura 88:** Divisão das áreas descobertas.

Para dimensionamento de cada uma das áreas, foram encontradas as áreas de contribuição de cada uma delas. Considerando uma intensidade pluviométrica de 122 mm/h para o período de retorno de um ano, foram encontradas as vazões de projeto, como mostra a Tabela 39.

**Tabela 39: Dimensionamento das áreas descobertas.**

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
a (m)	18,2	7,7	7,7	3,0	8,4	10,0	13,3
b (m)	4,9	4,6	13,1	1,7	3,5	3,5	20,25
a*b (m <sup>2</sup> )	88,9	35,4	100,9	5,1	29,4	35,0	270,1
Q (l/min)	180,83	72,02	205,10	10,37	59,78	71,17	549,27

A área A7 não foi detalhada, mas a contribuição de seu efluente interfere na tubulação de outras partes da residência, sendo necessário calcular a vazão devida à sua área.

A área que não está em nenhuma das sete áreas mencionadas faz parte do jardim, e não foi considerada nos cálculos de drenagem já que é considerada área permeável.

### 5.9.4 Condutores Horizontais

Para dimensionar os condutores horizontais, foi necessário encontrar a vazão de projeto em cada um dos condutores. Para isso, foi feita uma somatória acumulada das vazões. Ou seja, a vazão do ralo ou coletor vertical mais distante, foi somada a vazão do próximo ralo, coletor vertical ou ramal.

O resultado das somatórias acumuladas está na Figura 89.

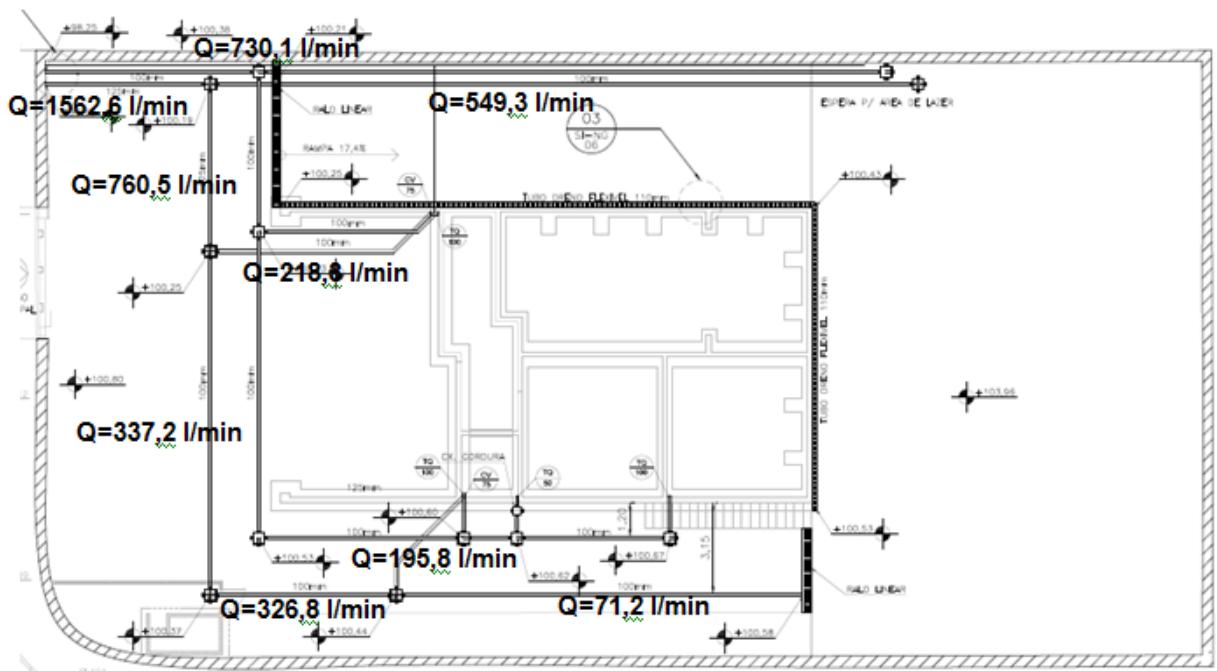


Figura 89: Vazão em cada trecho de coletor horizontal.

Assim como no cálculo dos condutores horizontais para o efluente da cobertura, foi utilizado o Quadro 33 para dimensionamento do restante dos condutores horizontais.

Quadro 33: Dimensionamento de condutores horizontais (fonte: Oliveira, 2011).

diâmetro interno 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%
50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
63	59	84	118	168	55	77	108	154	50	71	100	142
75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
125	270	354	475	640	339	478	674	956	313	441	622	882
150	602	847	1190	1690	552	777	1190	1550	509	717	1010	1430
200	1340	1820	2370	3030	1190	1670	2360	3350	1100	1540	2180	3040
250	2350	3310	4660	6620	2150	3030	4280	6070	1990	2800	3950	5600
300	3820	5380	7590	10800	3500	4930	6960	9870	3230	4550	6420	9110

Como o coeficiente de rugosidade do PVC é 0,011, foi possível utilizar o tubo com diâmetro nominal de 150 mm e inclinação mínima de 1% até a última caixa de inspeção, sendo que, até então, a maior vazão era 760,6 l/min.

A partir desta caixa de inspeção, a vazão de projeto é 1.562,6 l/min. Para facilitar na estocagem e compra de material e na execução do sistema, também foi adotado o duto com 150 mm, mas com 4% de inclinação mínima.

## 5.10 Fundações “B”

As fundações são estruturas responsáveis por transmitir os esforços em um edifício da estrutura para o solo, podendo ser superficiais ou profundas.

Devido às baixas cargas do empreendimento e à verificação (por estudo de solo do terreno), de que não se trata de um solo mole de baixa resistência, será adotada fundação superficial. Tratando-se de um edifício de alvenaria estrutural destaca-se o uso de sapatas corridas, visto que o carregamento na estrutura já possui caráter distribuído, sendo compatível com esse tipo de fundação que é destinada a receber cargas lineares (Bastos 2012).

Para que não ocorram recalques diferenciais excessivos, o uso de brocas será aliado à fundação rasa. Tais brocas serão executadas com uso de trados manuais em locais onde possa haver grande concentração de cargas, como em apoios de vigas ou em transições de largura da sapata corrida. No dimensionamento das fundações a resistência das brocas será desconsiderada.

Para cálculo da largura das sapatas primeiramente definiu-se a pressão admissível do solo. Para tal, foi considerado o método empírico conforme recomendado pela ABNT NBR 6122, 1996, em que são apresentadas, em formato de tabela reproduzida na Quadro 34, as denominadas pressões básicas ( $\sigma_0$ ) de acordo com as características do solo.

**Quadro 34: Pressões básicas para diferentes solos (Fonte: ABNT NBR6122, 1996).**

Classe	Descrição	Valores (MPa)
1	Rocha sã, maciça, sem laminação ou sinal de decomposição	3,0
2	Rochas laminadas, com pequenas fissuras, estratificadas	1,5
3	Rochas alteradas ou em decomposição	ver nota c)
4	Solos granulares concrecionados - conglomerados	1,0
5	Solos pedregulhosos compactos a muito compactos	0,6
6	Solos pedregulhosos fofos	0,3
7	Areias muito compactas	0,5
8	Areias compactas	0,4
9	Areias medianamente compactas	0,2
10	Argilas duras	0,3
11	Argilas rijas	0,2
12	Argilas médias	0,1
13	Siltos duros (muito compactos)	0,3
14	Siltos rijos (compactos)	0,2
15	Siltos médios (medianamente compactos)	0,1

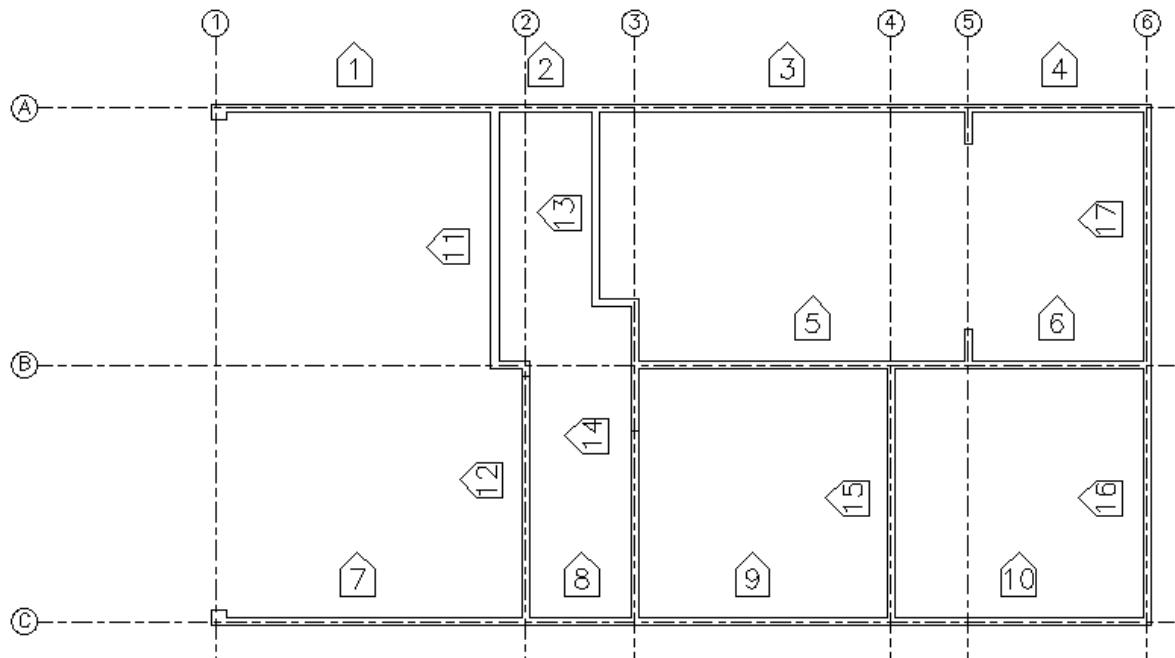
Dentre as descrições de solo presentes na tabela, a que melhor indica o solo existente no terreno, classificado em 4.3 como uma argila arenosa pouco plástica, é a da classe 11, argilas rijas, apresentando pressão básica ( $\sigma_0$ ) de 0,2 MPa ou 2 kg/cm<sup>2</sup>.

Uma recomendação da norma é que, para solos das classes 10 a 15 e elementos de fundação com área superior a 10 m<sup>2</sup>, as pressões admissíveis devem ser reduzidas de acordo a expressão:

$$\sigma_{adm.} = \sigma_0 \left( \frac{10}{A_{total}} \right)^{0,5}$$

Já que a área da sapata é função da tensão admissível e que a tensão admissível é função da área total da sapata corrida, o processo torna-se iterativo. Foi criada uma planilha de cálculo para determinar a largura necessária da sapata para cada trecho de parede que se encontra no nível térreo.

As paredes foram numeradas de acordo com a Figura 90.



**Figura 90: Numeração de cada trecho de parede do nível térreo.**

As cargas atuantes sobre cada trecho de parede foram determinadas nível a nível e somadas, não sendo considerada uniformização das cargas entre paredes adjacentes ao longo dos pavimentos, pois a pequena altura da edificação pode implicar que isso não ocorra para todos os casos. Apesar disso a largura da sapata corrida para trechos dispostos lado a lado será constante e definida pela parede de maior carga, ou seja, a sapata das paredes 1, 2, 3 e 4, por exemplo, terão a mesma largura. Será respeitada largura mínima de 40 cm e padronização nas dimensões das valas, visando facilidade na execução da escavação, concretagem e montagem das armaduras.

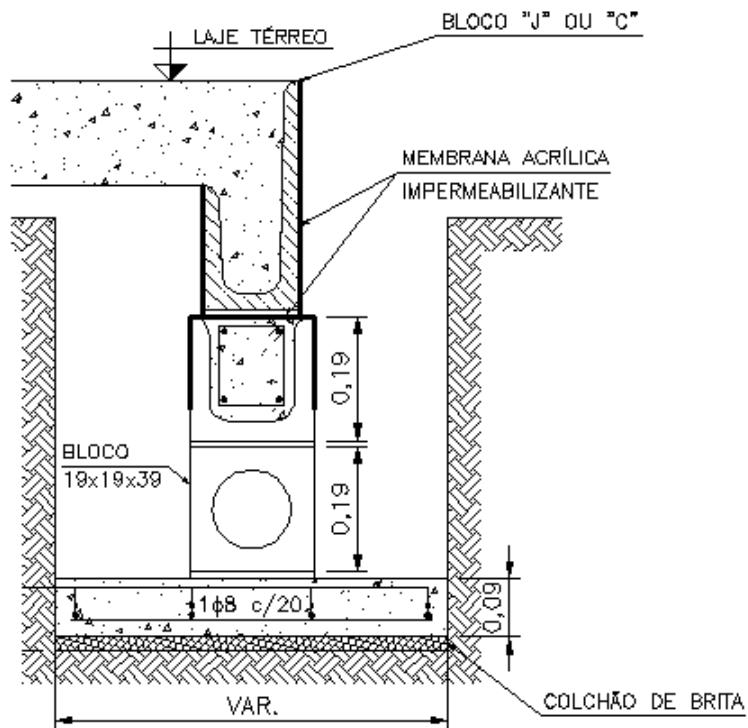
A Tabela 40 apresenta os resultados obtidos no dimensionamento das sapatas corridas. As cargas concentradas de vigas foram consideradas distribuídas no comprimento do trecho de parede analisado.

**Tabela 40: Planilha de dimensionamento das sapatas corridas.**

Pared	Compr. [m]	Cargas [kN/m *exceto vigas]										TOTAL [kN/m]	Largura Mínima [cm]	Largura Adotada [cm]	$\sigma_0$ [MPa]	$\sigma_{adm}$ [MPa]					
		Térreo		1º Pav.			2º Pav.			Cobertura											
		Alv.	Laje	Alv.	Laje	Vigas [kN]	Alv.	Laje	Vigas [kN]	Alv.	Laje										
1	5,1	5,5	-	5,5	-	18,7	5,5	-	-	1,7	6,9	28,8	32	50	0,2	0,09					
2	1,8	5,5	-	5,5	-	18,7	5,5	-	12,9	1,7	6,9	42,7	47								
3	7,1	5,5	-	0,7	10,1	11,4	0,7	-	51,7	1,7	6,9	34,6	38								
4	3,3	5,5	-	1,0	10,1	22,7	-	-	-	-	-	23,5	26								
5	6,3	5,5	-	5,5	20,3	9,8	5,5	18,8	-	1,0	16,6	74,7	83		85						
6	3,3	5,5	-	5,5	10,1	2,3	5,5	13,9	-	4,0	18,8	64,0	71								
7	5,7	5,5	-	5,5	-	-	5,5	-	-	1,7	6,9	25,1	28								
8	2,0	5,5	-	5,5	-	-	5,5	10,1	-	1,7	-	28,3	31		75						
9	4,8	5,5	-	5,5	10,1	-	5,5	18,4	-	1,7	6,9	53,7	60								
10	4,8	5,5	-	5,5	-	-	5,5	18,4	-	4,0	18,8	57,7	64								
11	4,8	5,5	4,3	-	11,1	86,9	-	-	-	-	-	39,0	43	75	0,2	0,09					
12	4,8	5,5	4,3	5,5	16,6	68,2	5,5	12,3	-	-	2,9	66,9	74								
13	3,6	5,5	4,3	-	-	7,5	-	-	12,9	-	-	15,5	17	50	0,2	0,09					
14	6,0	5,5	14,5	5,5	4,3	7,5	5,5	-	-	-	2,9	39,4	44								
15	4,8	5,5	10,1	3,1	13,9	9,2	5,5	-	-	4,0	-	44,0	49								
16	4,8	5,5	-	5,5	13,9	-	5,5	-	-	4,0	-	34,4	38	50	0,2	0,09					
17	4,8	5,5	-	-	-	11,4	-	-	-	-	-	7,9	9								
													$\text{Área}_{TOT}$	48,9	m <sup>2</sup>						

Para evitar a infiltração de água por capilaridade nas paredes através dos elementos de fundação, foi prevista membrana acrílica impermeabilizante nos respaldos dos alicerces, conforme sugerido por Milito (2009), em locais onde haverá contato direto com solo. Outra preocupação com respeito à umidade é a utilização de um colchão de brita no fundo das valas. As lajes do pavimento térreo não entrarão em contato direto com o solo, dispensando sua impermeabilização.

A seção típica dos elementos de fundação está apresentada na Figura 91.



**Figura 91: Detalhe do elemento de fundação.**

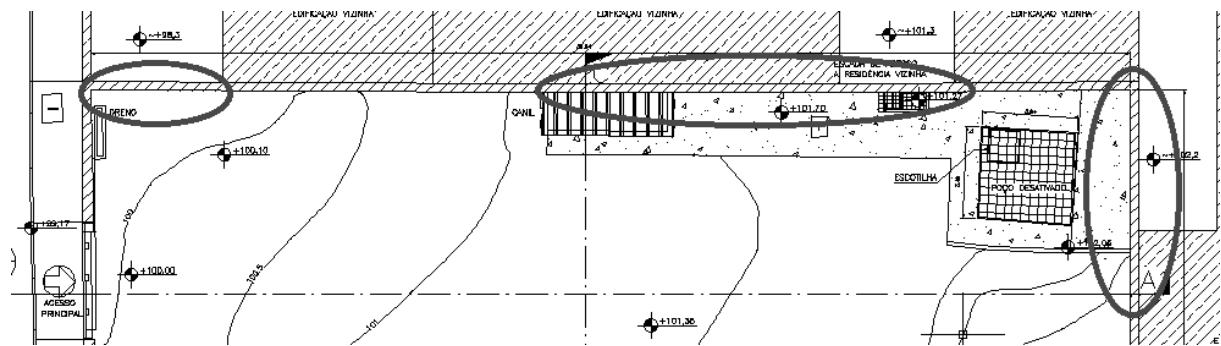
O projeto de fundações desenvolvido está apresentado no apêndice H.

### **5.11 Estudo da contenção no entorno do terreno “B”**

O estudo de conter o entorno do terreno é necessário visto à irregularidade da topografia e a solução proposta de realizar dois níveis distintos no exterior da residência, sendo preciso efetuar aterro em algumas regiões.

Existe um muro em todo entorno do terreno, mas não é possível saber quais as dimensões e tipo de suas fundações, nem mesmo a quantidade de armadura existente. Caso, durante execução da movimentação de terra, constate-se que o muro existente seja suficiente para conter o desnível previsto, não haverá necessidade de sua demolição, caso suas fundações sejam rasas e sua estrutura insuficiente, será adotada a solução de se construir uma nova estrutura de contenção em regiões críticas.

Durante realização do trabalho de topografia foram medidas as cotas do interior do terreno e da rua em seu entorno, porém não foi possível medir a elevação com maior grau de exatidão dos terrenos vizinhos, sendo feita apenas uma análise a partir da quantidade de pavimentos das edificações adjacentes e o nível medido em suas calçadas. A partir de tais informações constatou-se que existem três regiões (Figura 92) que merecem atenção visto o desnível esperado ultrapassar 1,50m, atingindo o máximo de 2,50m.



**Figura 92: Regiões de maior desnível previsto.**

A solução proposta é a demolição do muro existente e construção de um muro de contenção constituído por pilares e laje de concreto armado, juntamente com blocos de concreto estrutural e cintas de concreto armado formadas com a utilização de blocos canaleta, como ilustrado na Figura 93 e Figura 94. Tal solução visa, principalmente, maior área livre para construção das áreas externas de lazer, como a piscina e churrasqueira.

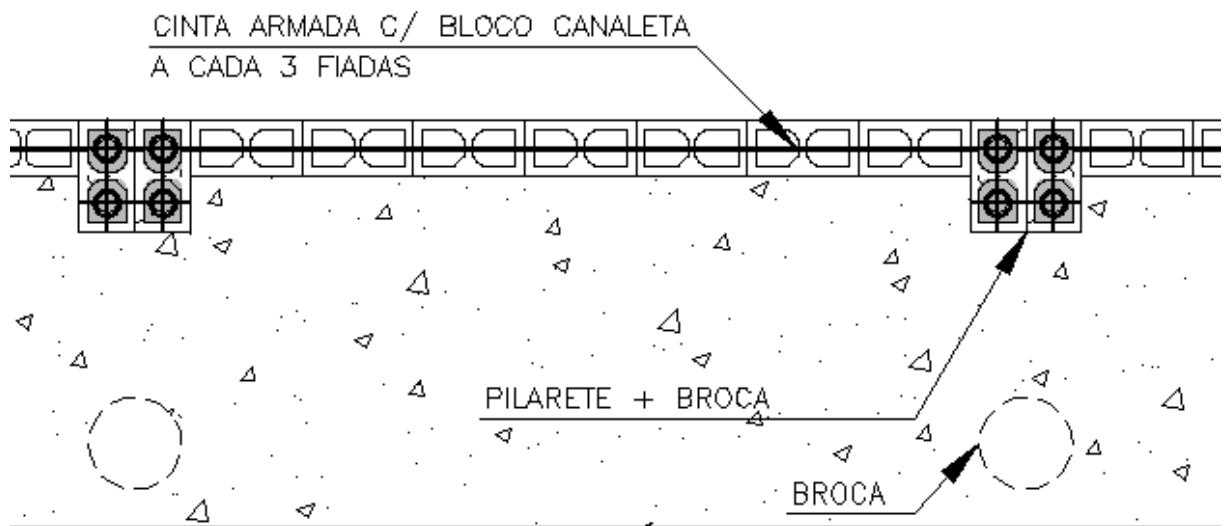


Figura 93: Vista em planta da solução de contenção proposta.

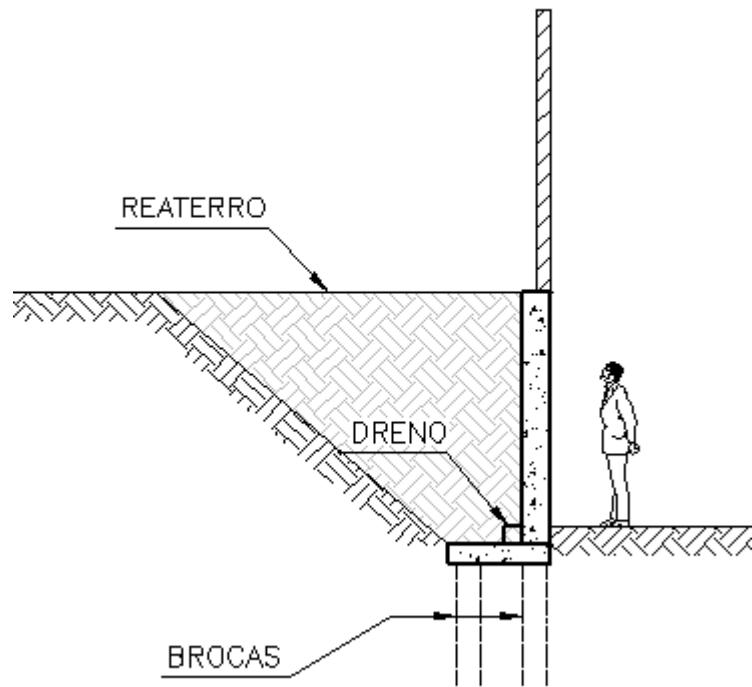


Figura 94: Vista em corte da solução de contenção proposta.

## 5.12 Orçamento “B”

Na etapa de orçamento foram pesquisados preços a partir do contato com fornecedores locais. A partir das tabelas de quantidades, anexas aos projetos desenvolvidos encontrados em seus respectivos apêndices, foram determinados os valores totais dos componentes e materiais levantados apresentados no Quadro 35.

**Quadro 35: Orçamento.**

ITEM	CONSULTA DE PREÇO	PREÇO (R\$)
Pré-lajes reforçadas e lajotas EPS.	Lajes PUMA/SISTREL	28.000
Blocos de concreto estruturais e de vedação.	FK comércio	26.000
Vergalhões aço CA-50.	MOGIAÇO	6.200
Concreto 20MPa bombeável.	Polimix - Mogi das Cruzes	11.900
Areia, brita, cimento e argamassa.	Center Castilho	15.000
<i>Mão de obra:</i> fundação, vigas e lajes, assentamento de blocos.	Sr. Daniel Teixeira	140.000
Eletrodutos	Itaipu – Mogi das Cruzes	950
Caixas de Derivação	UNO – Mogi das Cruzes	215
Tomadas	Itaipu – Mogi das Cruzes	600
Interruptores	Itaipu – Mogi das Cruzes	300
<i>Mão de obra:</i> instalações elétricas	Omega – Prestadora de Serviços	7.500
Aparelhos de ar-condicionado	Central Ar	11.200
<i>Mão de Obra:</i> instalações de ar-condicionado	Sr. Feliciano	600
Materiais de hidráulica	Itaipu – Mogi das Cruzes	30.000
<i>Mão de obra:</i> instalações hidráulica	Mogi Hydro	9.000
Terraplenagem	Terraplenagem	10.000

	Canhanduba LTDA	
<i>Churrasqueira</i>	Churrasqueiras & CIA	5.000
<i>Piscina</i>	Pense Imóveis	20.000
<i>Contrapiso</i>	Polimix - Mogi das Cruzes	8.094
<i>Revestimento da residência</i>	Casa&Construção	84.101
<i>Revestimento externo</i>	Casa&Construção	6.444
<i>Mão de obra: revestimento</i>	Sr. Daniel Teixeira	28.195
<i>Porcelanato</i>	Casa&Construção	61.278
<i>Pintura</i>	Casa&Construção	1.677
<i>Revestimento de madeira</i>	Casa&Construção	6.360
<i>Laminado</i>	Casa&Construção	10.018
<i>Forro de gesso acartonado</i>	Design & Gesso	12.753
<i>Portas</i>	Casa&Construção	28.325
<i>Esquadria</i>	Sasazaki	36.320
<i>Portão</i>	LASE	10.000
<i>Louça</i>	Casa&Construção	23.475
<i>Escada</i>	Sóescadas	8.000
<i>Guarda corpo</i>	LASE	4.950
<i>Cobertura</i>	Eternit	8.142
<i>Mão de obra: cobertura</i>	Sr. Francisco	7.850
<b>TOTAL</b>		<b>668.447</b>

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No decorrer do primeiro semestre do período letivo foram realizados todos os estudo preliminares necessários para o desenvolvimento dos projetos da residência unifamiliar, além da primeira concepção arquitetônica e os primeiros projetos básicos de estrutura e sistemas prediais. Depois de verificadas muitas interferências e tamanhos excessivos para os cômodos, decidiu-se que o projeto arquitetônico deveria ser alterado para resolução desses problemas. Uma nova concepção arquitetônica básica foi desenvolvida no final do primeiro semestre.

No segundo semestre foram desenvolvidos os projetos de arquitetura, estrutura, fundação, sistemas elétricos, sistemas de água fria, água quente e esgoto e captação pluvial em nível de detalhamento, sempre verificando possíveis interferências entre projetos.

Durante a concepção dos projetos em geral, houve alguma dificuldade quanto ao entendimento das técnicas construtivas envolvidas, por possuírem impacto direto sobre as decisões a serem tomadas ainda durante a fase de projetos. Neste ponto, as orientações da orientadora e sua experiência foram de grande auxílio à compreensão do “como fazer”, tornando possível, na etapa de projeto, antever e propor soluções para problemas que seriam encontrados apenas na etapa de execução.

Outra dificuldade encontrada diz respeito ao projeto arquitetônico. Foi muito difícil conciliar a funcionalidade dos ambientes internos e sua compatibilização com a estrutura (tidos como prioritários) com a aparência externa da edificação e, por esse motivo, a satisfação total da cliente pode não ser garantida, visto o padrão da residência. Vale ressaltar que, por se tratar de um curso de engenharia civil, a questão da aparência do empreendimento não fazia parte dos objetivos do trabalho.

O aprendizado adquirido durante a realização deste trabalho de formatura envolve muitos aspectos fundamentais para a formação de um engenheiro civil. A coordenação e organização de projetos, análise de interferência com a arquitetura, solução de problemas técnicos e a iteração entre execução e projeto estiveram sempre presentes no decorrer do desenvolvimento. Tais aspectos serão de grande ajuda, não só para o projeto de residências unifamiliares, mas de qualquer projeto que envolva um engenheiro civil.

O objetivo deste trabalho de formatura foi alcançado, visto que os projetos e estudos previstos no início das atividades foram realizados em sua totalidade, permitindo a construção do empreendimento unifamiliar proposto caso haja interesse por parte da proprietária do terreno.

## 7 BIBLIOGRAFIA

APARELHO Split Hi-Wall 220v. Disponível em:  
<http://www.springer.com.br/Produtos/residencial/hi-wall-carrier> . Acesso em 05 de nov. de 2012.

ARAÚJO, O. As nervuras de travamento nas lajes treliçadas. Disponível em:  
[http://www.puma.com.br/informativos\\_detalhes.php?id=8](http://www.puma.com.br/informativos_detalhes.php?id=8). Acesso em 10 de set. 2012.

AQUECEDORES DE PASSAGEM Digital Line - Modelo REU 302 UBR. Disponível em: <http://www.aquecedoreschama.com.br/rinnai-reu-302-ubr.asp>. Acesso em 04 de nov. de 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5626: Instalação predial de água fria, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6120: Cargas para cálculo de estruturas de edificações, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122: Sistemas prediais de esgotos sanitários – Projeto e execução, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7198: Projeto e execução de instalações prediais de água quente, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8160: Sistemas prediais de esgotos sanitários – Projeto e execução, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais, 1989.

BASTOS, P. S. S. Sapatas de fundação. Disponível em:  
<http://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/concreto3/Sapatas.pdf>. Acesso em 12 de out. 2012.

BLOCOS de concreto estrutural. Disponível em:  
<http://www.fkct.com.br/tabela.bl.conc.html>. Acesso em 15 de jun. 2012.

BOMBA Pressurizada Automática. Disponível em:  
[http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-445328694-bomba-pressurizada-tomatica-aquecedor-passagem-boiler-110v-\\_JM](http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-445328694-bomba-pressurizada-tomatica-aquecedor-passagem-boiler-110v-_JM). Acesso em 04 de nov. de 2012.

BRASIL, Mogi das Cruzes. Lei nº 2.683/82. Legislação de Ordenamento do Uso e Ocupação do Solo. Disponível em:  
<http://www.mogidascruzes.sp.gov.br/planejamento/louos/1%20TEXTO%20DA%20LEI/A%20TEXTO%20DA%20LEI%20jul10.pdf>. Acesso em 10 de jun. 2012.

CONSULTA de preços de churrasqueira. Disponível em:  
<http://www.churrasqueiraecia.com>. Acesso em 24 de nov. 2012.

CONSULTA de preços de mão de obra de instalações elétricas. Disponível em:  
<http://www.actiweb.es/omegaps/omegapsoramento.html>. Acesso em 17 de nov. 2012.

CONSULTA de preços de equipamentos de ar-condicionado. Disponível em:  
<http://www.zoom.com.br/ar-condicionado/split-hi-wall-convencional/springer-carrier?gclid=CKiXme3q17MCFQ4EnQodSSEAVA&og=18000>. Acesso em 17 de nov. 2012.

DIMENSIONADOR Virtual de Sistemas de Condicionamento de Ar. Disponível em <<http://www.springer.com.br/dimensionador>>. Acesso em 05 de nov. de 2012.

TELHADO pontelatado. Disponível em <<http://www.fazfacil.com.br/reforma-construcao/telhado-pontaletado/>>. Acesso em 11 de out. 2012.

FERRAZ, F. Notas de Aula de Sistemas de Climatização, CEFET-BA.

FRANCO, L. S. Notas de aula disciplina PCC2515, POLI-USP.

GOOGLE MAPS. <<https://maps.google.com.br>>. Acesso em 11 de jun. 2012.

GUIMARÃES, N. Equipamentos de Construção e Conservação. Paraná UFPR, 2001.

LEVANTAMENTOS Topográficos da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Beja – Engenharia topográfica. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/6358602/1-Levantamentos-Topograficos>>. Acesso em 12 de jun. 2012.

MARINO, M. A. Apostila de Concreto Armado. UFPR, 2004.

MILITO, J. A. Técnicas de Construção Civil e Construção de Edifícios. Disponível em: <<http://www.demilito.com.br/apostila.html>>. Acesso em 04 de nov. 2012.

NASCIMENTO, P. S. Projeto Arquitetônico - Da percepção das necessidades do cliente à entrega do projeto final. Disponível em: <[http://www.arqpaulo.com.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=52&Itemid=116](http://www.arqpaulo.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=52&Itemid=116)>. Acesso em 16 de jun. 2012.

OLIVEIRA, L. H. Notas de aula disciplina PCC2465, POLI-USP. 2011.

PARREIRA, R. Cartilha Projeto Obra Legal. 2010.

PREÇO mais acessível torna o sonho da piscina em casa mais acessível. Disponível em: <<http://www.revista.penseimoveis.com.br>>. Acesso em 24 de nov. 2012.

PRYSMIAN CABLES & SYSTEMS. Manual de instalações elétricas residenciais, 2006.

PUMA Manual de Fabricação – Janeiro 2003. Disponível em: <<http://www.treliart.com.br/downloads/Manual%20de%20Fabricacao.pdf>>. Acesso em 15 de jun. 2012.

REBOUÇAS, F. Zoneamento Urbano e Ambiental. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/ecologia/zoneamento-urbano-e-ambiental/>>. Acesso em 10 de jun. 2012.

SABBATINI, F. H.; BARROS, M. M. S. B. Notas de aula disciplina PCC2535, POLI-USP.

SABOYA, R. O que é o zoneamento e para quê serve? Disponível em: <<http://urbanidades.arq.br/2007/11/zoneamento-e-planos-diretores/>>. Acesso em 10 de jun. 2012.

SÜSSEKIND, J. C. Curso de Concreto, Volume 1. Rio de Janeiro: Globo, 1979.

UTILIZAÇÃO de tabelas de dimensionamento. Disponível em: <[http://www.tatu.com.br/pdf\\_novo/vigotas-utilizacao\\_das\\_tabelas\\_de\\_lajes\\_protendidas.pdf](http://www.tatu.com.br/pdf_novo/vigotas-utilizacao_das_tabelas_de_lajes_protendidas.pdf)>. Acesso em 15 de jun. 2012.

## 8 APÊNDICES

**APÊNDICE A**  
**LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO**

**APÊNDICE B**

**PROJETO ARQUITETÔNICO “A”**

**APÊNDICE C**

**PROJETO ESTRUTURAL “A”**

**APÊNDICE D**  
**SISTEMAS PREDIAIS “A”**

**APÊNDICE E**  
**PROJETO ARQUITETÔNICO “B”**

	UNID	Térreo	1º Pav.	2º Pav.	Cobert.	TOTAL
<b>Arquitetura</b>						
contrapiso						
cimento	saco de 50kg	61	119	103	104	387
argamassa colante						
VOTOMASSA ACIII	saco 20kg	80,3	194,99	156,25	-	431,5
massa corrida						
massa corrida PVA	lata de 18L	5,0	5,6	8,1	-	18,7
pintura interna						
tinta acrílica CORAL	lata de 18L	1,5	1,7	2,4	-	5,6
pintura externa						
tinta acrílica CORAL	lata de 18L	-	-	-	-	4,9
massa única						
argamassa única CIMPOR	saco de 20kg	152,8	4858,4	6344,2	-	11355,5
chapisco e reboco						
cimento	saco de 50kg	-	-	-	-	50,6
revestimento de madeira						
cx. De 1,79 m2	caixa	-	-	-	-	92,2
porcelanato interno						
100 x 100 cm	UNID	80,3	195,0	156,3	-	431,5
piso de laminado						
cx. De 1,79 m2	caixa	18,3	60,8	66,0	-	145,2
forro de gesso acartonado						
	m2	92,0	121,0	151,4	-	364,4
<b>portas</b>						
P1	UNID	3	4	8	-	15
P2	UNID	-	-	2	-	2
P3	UNID	-	2	2	-	4
<b>janelas</b>						
J1	UNID	1	-	-	-	1
J2	UNID	1	2	4	-	7
J3	UNID	1	1	1	-	3
J4	UNID	-	1	-	-	1
J5	UNID	-	1	-	-	1
J6	UNID	-	1	-	-	1
<b>pias</b>						
lavabo	UNID	1	1	-	-	2
banheiro	UNID	-	1	4	-	5
cozinha	UNID	-	1	-	-	1
<b>torneiras</b>						
lavabo e banheiro	UNID	1	2	4	-	7
cozinha	UNID	-	1	-	-	1
jardim	UNID	1	1	-	-	2
<b>vaso sanitário</b>						
	UNID	1	2	4	-	7
<b>chuveiro</b>						
	UNID	-	1	4	-	5
<b>banheira</b>						
	UNID	-	-	1	-	1
<b>escada</b>						
	UNID	1	1	-	-	2
<b>guarda corpo</b>						
	m2	-	15	30	-	45
<b>telhas de fibrocimento</b>						
2,44m x 1,1m x 8mm	UNID	-	-	-	78	78
<b>estrutura de madeira</b>						
área da projeção do telhado	m2	-	-	-	157	157
<b>concregrama</b>						
bloco	m2	-	-	-	-	510
areia	m3	-	-	-	-	20,4

	UNID	Térreo	1º Pav.	2º Pav.	Cobert.	TOTAL
<b>Arquitetura</b>						
<b>portas</b>						
P1	UNID	3	4	8	-	15
P2	UNID	-	-	2	-	2
P3	UNID	-	2	2	-	4
<b>janelas</b>						
J1	UNID	1	-	-	-	1
J2	UNID	1	2	4	-	7
J3	UNID	1	1	1	-	3
J4	UNID	-	1	-	-	1
J5	UNID	-	1	-	-	1
J6	UNID	-	1	-	-	1
<b>pias</b>						
lavabo	UNID	1	1	-	-	2
banheiro	UNID	-	1	4	-	5
cozinha	UNID	-	1	-	-	1
<b>torneiras</b>						
lavabo e banheiro	UNID	1	2	4	-	7
cozinha	UNID	-	1	-	-	1
jardim	UNID	1	1	-	-	2
<b>vaso sanitário</b>						
	UNID	1	2	4	-	7
<b>chuveiro</b>						
	UNID	-	1	4	-	5
<b>banheira</b>						
	UNID	-	-	1	-	1
<b>escada</b>						
	UNID	1	1	-	-	2
<b>guarda corpo</b>						
	m2	-	15	30	-	45
<b>telhas de fibrocimento</b>						
2,44m x 1,1m x 8mm	UNID	-	-	-	78	78
<b>estrutura de madeira</b>						
área da porjeção do telhado	m2	-	-	-	157	157
<b>concregrama</b>						
bloco	m2	-	-	-	-	510
areia	m3	-	-	-	-	20,4

**APÊNDICE F**

**PROJETO ESTRUTURAL “B”**

	UNID	Térreo	1º Pav.	2º Pav.	Cobert.	TOTAL
<b>Alvenaria</b>						
<b>Estrutural (4,5 MPa)</b>						
14x19x14	unid	102	138	127	4	371
14x19x29	unid	3590	2520	2848	1355	10313
14x19x44	unid	84	42	63	4	193
29x19x29	unid	22	-	-	-	22
Canaleta (14x19x29)	unid	349	242	188	-	779
Jota (14x19-35x14)	unid	601	126	248	99	1074
<b>Vedação (2,0 MPa)</b>						
9x19x14	unid	-	69	84	-	153
9x19x29	unid	-	348	621	-	969
B19 (9x19x19)	unid	-	7	30	-	37
B5 (9x19x5)	unid	-	8	15	-	23
Canaleta (9x19x39)	unid	-	6	12	-	18
<b>Graute (1:4)</b>						
Areia (sacos 20kg)	unid	281	124	86	-	491
Cimento (sacos 50kg)	unid	43	19	13	-	75
<b>Argamassa Assent.</b>						
Pré-dosada (sacos 40kg)	unid	98	74	89	32	293
<b>Aço (CA-50)</b>						
Diâmetro (6,3 mm)	m	120	99	51	-	270
Diâmetro (12,5 mm)	m	215	-	-	-	215

	UNID	Térreo	1º Pav.	2º Pav.	Cobert.	TOTAL
<b>Laje</b>						
Vigotas H=16cm						
Vigotas (compr = 1,25 e s/ aço adic.)	unid	-	-	19	-	19
Vigotas (compr = 1,9 e s/ aço adic.)	unid	7	-	-	-	7
Vigotas (compr = 2,05 e s/ aço adic.)	unid	9	9	-	9	27
Vigotas (compr = 2,65 e s/ aço adic.)	unid	3	3	-	-	6
Vigotas (compr = 3,7 e 2 fi =8)	unid	-	2	-	-	2
Vigotas (compr = 4,9 e 2 fi =6,3)	unid	-	-	-	60	60
Vigotas (compr = 4,9 e 2 fi =8)	unid	10	30	-	-	40
Vigotas (compr = 4,9 e 3 fi =10)	unid	-	11	30	-	41
Vigotas (compr = 4,9 e 1 fi =12,5)	unid	-	-	4	10	14
Vigotas (compr = 5,2 e 3 fi =8)	unid	-	10	-	-	10
Vigotas (compr = 5,35 e 3 fi =10)	unid	-	-	8	-	8
Vigotas (compr = 5,8 e 3 fi =8)	unid	-	10	-	-	10
Vigotas (compr = 5,95 e 3 fi =8)	unid	-	-	13	-	13
Vigotas H=10cm						
Vigotas (compr = 1,25 e s/ aço adic.)	unid	-	22	48	-	70
<b>Lajota</b>						
EPS (12x40x120)	unid	74	288	259	302	923
EPS (10x40x120)	unid	-	19	40	-	59
<b>Concreto</b>						
20 MPa	m³	8	10	9	11	38
<b>Aço CA-50</b>						
Diam. (6,3mm)	m	168	695	595	610	2068
Diam. (8mm)	m	-	-	70	-	70
Diam. (10mm)	m	-	80	175	-	256

	UNID	Diam. (mm)	Compr. (m)	Térreo	1º Pav.	2º Pav.	TOTAL
<b>Vigas, Vergas e C.Vergas</b>							
<b>Aço (CA-50)</b>							
N1	unid	6,30	0,42	-	24	-	24
N2	unid	6,30	0,85	-	23	-	23
N3	unid	6,30	0,93	15	55	30	100
N4	unid	6,30	1,65	-	38	24	62
N5	unid	6,30	2,35	51	-	-	51
N6	unid	6,30	2,49	-	4	-	4
N7	unid	6,30	3,39	-	2	-	2
N8	unid	6,30	4,14	2	6	4	12
N9	unid	6,30	5,04	-	2	-	2
N10	unid	6,30	5,64	-	2	-	2
N11	unid	6,30	6,84	-	-	2	2
N12	unid	8,00	2,69	-	2	-	2
N13	unid	8,00	4,34	-	4	4	8
N14	unid	10,00	1,09	-	2	6	8
N15	unid	10,00	1,39	4	7	10	21
N16	unid	10,00	1,69	-	1	-	1
N17	unid	10,00	2,59	2	2	4	8
N18	unid	10,00	2,73	-	2	-	2
N19	unid	10,00	2,89	-	2	4	6
N20	unid	10,00	3,19	-	2	-	2
N21	unid	10,00	3,49	-	2	-	2
N22	unid	10,00	3,63	-	3	-	3
N23	unid	10,00	3,79	-	2	-	2
N24	unid	10,00	10,23	2	-	-	2
N25	unid	12,50	4,42	3	6	-	9
N26	unid	12,50	5,36	-	3	-	3
N27	unid	12,50	5,96	-	3	-	3
N28	unid	12,50	7,12	-	-	3	3
N29	unid	20,00	4,65	2	-	-	2
N30	unid	20,00	6,75	2	-	-	2
N31	unid	20,00	8,56	2	-	-	2
N32	unid	20,00	10,43	4	-	-	4
<b>Resumo de Aço (CA-50)</b>							
	m	6,30		142	206	98	446
	m	8,00	-	23	17	40	
	m	10,00		31	62	42	135
	m	12,50		13	60	21	95
	m	20,00		82	-	-	82
<b>Concreto (20 MPa)</b>							
	m³			3	2	1	7

**APÊNDICE G**  
**SISTEMAS PREDIAIS “B”**

	UNID	Térreo	1º Pav.	2º Pav.	Cobert.	TOTAL
<b>Elétrica</b>						
<b>Eletrodutos</b>						
16mm	m	41	55	60	-	156
20mm	m	80	356	188	-	624
25mm	m	-	20	4	-	24
32mm	m	10	-	-	-	10
<b>Caixas de Derivação</b>						
Octagonal (4" x 4")	unid	6	10	13	-	29
Retangular (2"x 4")	unid	14	34	27	-	75
Quadrada (4" x 4")	unid	-	8	-	-	8
<b>Quadro de Distribuição</b>						
Termoplástico (40x40cm)	unid	1	1	1	-	3
<b>Interruptores</b>						
Simples	unid	4	11	12	-	27
Duplo	unid	-	1	-	-	1
<b>Tomadas</b>						
Saída Baixa	unid	13	30	21	-	64
Saída Média	unid	1	4	4	-	9
Saída Alta	unid	-	-	2	-	2

	UNID	Térreo	1º Pav.	2º Pav.	Cobert.	TOTAL
<b>Ar-condicionado</b>						
Evaporadores						
12000 BTU/h	unid	-	1	-	-	1
18000 BTU/h	unid	-	-	2	-	2
22000 BTU/h	unid	-	-	1	-	1
30000 BTU/h	unid	1	-	1	-	2
Condensadores						
Single Split	unid	1	1	-	-	2
Multiplit	unid	-	-	2	-	2
Ligações						
Dreno (φ16mm)	m	2	2	15	-	19
Comando (φ10mm)	m	1	2	35	-	38
Suporte						
Perfil cantoneira	unid	1	1	2	-	4
Exaustor						
Axial (30cm)	unid	-	1	-	-	1

	UNID	Térreo	1º Pav.	2º Pav.	Cobert.	TOTAL
<b>Telecomunicações</b>						
Eletrodutos						
Piso (25mm)	m	20	24	45	-	89
Parede (25mm)	m	1	3	12	-	16
Caixas						
Distribuição	unid	1	1	1	-	3
Saída	unid	2	5	11	-	18

<b>Esgoto</b>			
<b>Ralos e Caixas</b>			
Caixa Sifonada	unid	7,00	
Ralo		4,00	
Grelha de aluminio		4,00	
<b>Tubulação</b>			
Tubo DN 40 mm	m	23,08	
Tubo DN 50 mm	m	13,85	
Tubo DN 75 mm	m	0,64	
Tubo DN 100 mm	m	131,44	
Curva 45º DN 40 mm	unid	12,00	
Curva 45º DN 50 mm	unid	3,00	
Curva 45º DN 75 mm	unid	1,00	
Curva 45º DN 100 mm	unid	8,00	
Curva 90º DN 40 mm	unid	14,00	
Curva 90º DN 50 mm	unid	3,00	
Curva 90º DN 100 mm	unid	10,00	
Bucha de Redução (50 x 40)	unid	4,00	
Junção Simples (50 x 100)	unid	1,00	
Junção Simples (50 x 100)	unid	7,00	
Junção Simples (75 x 100)	unid	1,00	
Junção Simples (100 x 100)	unid	7,00	
<b>Caixas de Gordura e Inspeção</b>			
Caixas de Gordura	unid	1,00	
Caixas de Inspeção	unid	7,00	
<b>Sistema de Ventilação</b>			
<b>Tubulação</b>			
Tubo DN 40 mm	m	17,22	
Tubo DN 50 mm	m	41,21	
Terminal de Ventilação	unid	3,00	
Junção Simples (40 x 50)	unid	1,00	
Junção Simples (50 x 50)	unid	5,00	
Curva 90º DN 40 mm	unid	1,00	
Curva 90º DN 50 mm	unid	5,00	
<b>Drenagem</b>			
<b>Calhas</b>			
Calha	m	27,60	
<b>Tubulação</b>			
Tubo DN 150 mm	m	113,40	
Curva 45º DN 150 mm	unid	2,00	
Curva 90º DN 150 mm	unid	2,00	
<b>Grelhas de Piso</b>			
Grelha de Piso 20x50 cm	unid	16,00	
<b>Caixa de Areia</b>			
Caixa de Areia	unid	5,00	

<b>Água Fria</b>			
<b>Tubulação</b>			
Tubo DN 20mm	m	49,77	
Tubo DN 40mm	m	14,69	
Tubo DN 50mm	m	62,40	
Joelho 90º DN 20 mm	unid	25,00	
Joelho 90º DN 50 mm	unid	12,00	
Tê DN 20mm	unid	19,00	
Tê de Redução (40x25)	unid	3,00	
Bucha de Redução (20x25)	unid	3,00	
<b>Registros e Válvulas</b>			
Registro de Pressão	unid	5,00	
Registro de Gaveta	unid	14,00	
<b>Ligação Predial</b>			
Hidrometro	unid	1,00	
<b>Caixas D'Água</b>			
Caixas D'Água 2000 L	unid	2,00	
Torneira boia			
<b>Bomba Pressurizada</b>			
Bomba Pressurizada	unid	1,00	
<b>Água Quente</b>			
<b>Tubulação</b>			
Tubo DN 25mm	m	38,64	
Tubo DN 40mm	m	14,69	
Joelho 90º DN 25 mm	unid	23,00	
Tê DN 25mm	unid	18,00	
Tê de Redução (40x25)	unid	3,00	
<b>Aquecedor</b>			
Aquecedor de passagem	unid	1,00	
<b>Bomba Pressurizada</b>			
Bomba Pressurizada	unid	1,00	
<b>Registros e Válvulas</b>			
Registro de Pressão	unid	4,00	
Registro de Gaveta	unid	6,00	
Válvulas Ventosas	unid	3,00	

**APÊNDICE H**

**PROJETO DE FUNDAÇÕES “B”**

		UNID
<b>Fundação</b>		
<b>Aço (CA-50)</b>		
Diam. = 6,3 mm	m	99,20
Diam. = 8,0 mm	m	888,60
<b>Bloco Estrutural ( 4,5 MPa)</b>		
19x19x39	unid	198,00
Canaleta (19x19x39)	unid	198,00
<b>Concreto</b>		
20 MPa	$m^3$	7,00
<b>Brita</b>		
Tipo	$m^3$	1,10
<b>MAI</b>		
Receipiente de 10 kg	unid	11,00