

MIRELLA CAVALARO DONATELLO RIBEIRO

**PROJETO DE CONSTRUÇÃO DE CASA DE CASEIRO EM
COTIA-SP**

Trabalho de Formatura do Curso de
Engenharia Civil apresentado à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo

São Paulo
2018

MIRELLA CAVALARO DONATELLO RIBEIRO

**PROJETO DE CONSTRUÇÃO DE CASA DE CASEIRO EM
COTIA-SP**

Trabalho de Formatura do Curso de
Engenharia Civil apresentado à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo

Orientador: Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco

São Paulo
2018

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo-na-publicação

Ribeiro, Mirella Cavalaro Donatello
PROJETO DE CONSTRUÇÃO DE CASA DE CASEIRO EM COTIA-SP /
M. C. D. Ribeiro -- São Paulo, 2018.
153 p.

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

1.Projeto Construção 2.Residência unifamiliar 3.Projeto Estrutural
4.Projeto Arquitetônico 5.Habitação de pequeno porte I.Universidade de São
Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil
II.t.

AGRADECIMENTOS

Agradeço meu orientador, Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco pelo acompanhamento ao longo de todo o Trabalho de Formatura.

Às amigas e engenheiras Clara Cardoso, Isabela Bombig e Priscila Faria, agradeço toda a paciência e apoio oferecidos principalmente na reta final do projeto.

Ao engenheiro Herbert Maezano pelo auxílio no desenvolvimento do projeto estrutural e disposição em esclarecer tantas dúvidas.

À todos os laços que criei ao longo desta jornada de graduação na Escola Politécnica.

Por fim, agradeço principalmente aos meus pais e meus irmãos, por sempre serem minha referência e meu suporte em todas as etapas da vida.

Para meus pais, Eliana e Renato, que nunca se cansam de dar a mim e meus irmãos o mundo. Essa conquista é de vocês.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	Objetivos	2
3	Justificativa.....	3
4	MÉTODO	4
4.1	Levantamento	5
4.1.1	Condições locais.....	5
4.1.2	Legislação	5
4.2	Programa de necessidades.....	8
4.3	Estudo de viabilidade	8
4.4	Estudo preliminar	8
4.5	Anteprojeto.....	8
4.6	Projeto Legal.....	8
4.6	Projeto Básico	9
4.7	Projeto de Execução	9
4.8	Projeto de Arquitetura	9
4.9	Projeto Estrutural	9
5	RESULTADOS.....	11
5.1	Levantamento	11
5.1.1	Condições locais.....	11
5.1.2	Legislação	14
5.2	Programa de necessidades.....	19
5.3	Estudo de Viabilidade.....	23
5.4	Estudo Preliminar	28
5.5	Projeto Arquitetônico	31
5.5.1	Garagem.....	34
5.5.2	Divisa lateral terreno.....	35
5.5.3	Pavimento inferior.....	37
5.5.4	Lavanderia.....	38
5.5.5	Dormitórios	39
5.5.6	Banheiros	42
5.5.7	Sala	44
5.5.8	Cozinha	44
5.5.9	Cobertura.....	45
5.5.10	Revestimentos.....	46
5.6	Projeto Estrutural	48
5.6.1	Concepção estrutural.....	48
5.6.2	Classe de agressividade ambiental e cobrimento armadura	50
5.6.3	Materiais estruturais adotados.....	52
5.6.4	Estados Limites	54
5.6.5	Coeficientes de cálculo.....	55
5.6.6	Ações consideradas	61
5.6.7	Lançamento da estrutura.....	62
5.6.8	Pré-dimensionamento.....	63
5.6.9	TQS	67
5.6.10	Resultados processamento	67
5.7	Movimentação de terra.....	72
5.8	Projeto de fundação	75
5.8.1	Dimensionamento dos blocos.....	75
5.8.2	Dimensionamento das estacas.....	82

6	Considerações finais	86
	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	88
	APÊNDICE A – PADRÃO DE PROJETO.....	91
	APÊNDICE B – PROJETO ARQUITETÔNICO	92
	APÊNDICE C – PROJETO ESTRUTURAL.....	93
	APÊNDICE D – PROJETO DE FUNDAÇÕES	94

RESUMO

Como parte da conclusão do curso de Engenharia Civil pela Escola Politécnica da USP (Poli – USP), assim como da dupla formação Poli-FAU, em conjunto com a Faculdade de Arquitetura da USP (FAU-USP), foi elaborado um projeto de construção de residência unifamiliar de aproximadamente 100m² localizada na cidade de Cotia-SP. Os projetos desenvolvidos foram modelados em softwares compatíveis com a necessidade, sendo o projeto arquitetônico executado no *Autodesk Revit Architecture* e o estrutural no *TQS*, permitindo maior compatibilização entre os produtos finais. Este trabalho deverá ser usado como referência para o futuro desenvolvimento dos demais projetos de subsistemas envolvidos em uma obra, uma vez que os projetos de sistemas prediais de água fria, esgoto e elétrico não serão apresentados no presente estudo.

Palavras-Chave: Engenharia Civil; arquitetura; TQS; residência unifamiliar

ABSTRACT

As part of the graduation in Civil Engineering by the Polytechnic School of University of São Paulo (Poli - USP), as well as the Poli - FAU dual academic training, in conjunction with the Faculty of Architecture of USP (FAU - USP), the construction project of a single family residence of approximately 100m² located in the city of Cotia-SP was developed. The projects involved were modelled on softwares compatible with the needs, being the architectural project executed in Autodesk Revit Architecture while the structural model on TQS, allowing greater compatibility between the final products presented. This work will be used as a reference for the future development of the complementary subsystem projects involved in a building since the cold water, sanitary sewage and electrical building systems will not be presented in this study.

Key-words: Civil Engineering; Architecture; TQS; single family house

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxo de trabalho.....	4
Figura 2: Zoneamento do Município de Cotia.....	7
Figura 3: Localização do terreno na cidade.....	11
Figura 4: Localização do terreno no condomínio.....	12
Figura 5: Croqui do terreno	13
Figura 6: Planta Baixa casa principal	20
Figura 7: Carta solar fachada frontal da casa principal	22
Figura 8: Carta solar fachada lateral casa principal	23
Figura 9: Estudo de massa condição atual do terreno	24
Figura 10: Estudo de massa da condição final.....	28
Figura 11: Estudo de massa da locação da construção	30
Figura 12: Planta do pavimento inferior.....	32
Figura 13: Planta do pavimento superior.....	33
Figura 14: Modelo 3D da construção	34
Figura 15: Vista frontal do talude executado	36
Figura 16: Vista lateral do talude executado	36
Figura 17: Planta da Lavanderia	38
Figura 18: Planta dormitório pavimento inferior.....	40
Figura 19: Planta dormitório principal pavimento superior	41
Figura 20: Planta dormitório 2 do pavimento superior.....	42
Figura 21: Planta do banheiro	43
Figura 22: Planta sala	44
Figura 23: planta cozinha	45
Figura 24: a) elemento de concreto simples apresentando ruptura com abertura de fissura; b) concreto armado apresentando resistência à flexão por conta das armaduras	49
Figura 25: Mapa do Brasil com traçado de isopletras.....	62
Figura 26: Formato de distribuição cargas das lajes nas vigas	64
Figura 27: Planta de fôrmas Cobertura	68
Figura 28: Planta de Fôrmas pavimento superior.....	68
Figura 29: Planta de Fôrmas pavimento inferior.....	69
Figura 30: Modelo de vigota treliçada	70
Figura 31: Modelo combinação vigota treliçada e enchimento EPS.....	70
Figura 32: Seção de escavação	73
Figura 33: Seção de aterro.....	74
Figura 34: Modelo de bloco sobre estacas.....	75
Figura 35: Representação das bielas	76
Figura 36: Representação bloco sobre 1 estaca	78
Figura 37: Posicionamento armaduras no bloco de 1 estaca.....	78
Figura 38: Identificação das armaduras no bloco de 1 estaca	79
Figura 39: Representação bloco sobre 2 estacas	80
Figura 40: Posicionamento e identificação das armaduras para bloco de 2 estacas	81
Figura 41: Fundação profunda	83

LISTA DE TABELAS

Índices urbanísticos de Cotia	15
Áreas mínimas de ambientes determinadas pelo Decreto N° 12.342/1978	16
Dimensões mínimas de ambientes determinadas pelo Decreto N° 12.342/1978.....	16
Dcoumentação exigida pela Prefeitura.....	17
Relevância de custos na obra de referência	25
Estimativa custo obra completa.....	27
Áreas dos ambientes.....	33
Revestimentos verticais	46
Revestimentos horizontais	47
Classe de agressividade ambiental.....	51
Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto.....	51
Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal ...	52
Módulo de elasticidade do concreto de acordo com a classe	53
Coeficientes de minoração de resistências	55
Coeficientes de ajustamento para pilares e pilares-paredes.....	58
Coeficientes $\gamma_f = \gamma_{f1} * \gamma_{f3}$	60
– Valores do coeficiente γ_{f2}	60
Pré dimensionamento e carregamento de lajes	65
Pré dimensionamento das vigas	66
Pré dimensionamento das cargas nas vigas.....	66
Coeficientes de empolamento	72
Valores dos coeficientes K e α propostos por Aoki e Velloso.....	84
Valores dos coeficientes F ₁ e F ₂ propostos por Aoki e Velloso	84

LISTA DE FOTOS

Foto 1: Fachada frontal da casa principal	13
Foto 2: Casas atuais e piscina (a esquerda), vistas da garagem	14
Foto 3: Fachada posterior da casa principal	21
Foto 4: Casa principal, bosque e salão de jogos/churrasqueira (ao fundo).....	22
Foto 5: Garagem atual e declive do pomar. Vista a partir do limite frontal do terreno	29
Foto 6: Pomar e muro de divisa lateral. Vista a partir da garagem.....	29
Foto 7: Rampa de entrada da Chácara. Vista a partir da garagem.	35
Foto 8: Referência de modelo de portão para pavimento inferior.....	37
Foto 9: Referência parede de cobogós	39
Foto 10: Modelo de kit hidráulico para banheiro.....	43

1 INTRODUÇÃO

Este Trabalho de Formatura consiste na concepção e projetos de uma edificação residencial unifamiliar a ser construída no interior de São Paulo, abrangendo os projetos arquitetônicos e dimensionamento estrutural.

Devido às elevadas possibilidades e facilidades apresentadas pelo software *Autodesk Revit Architecture*, decidiu-se por usá-lo para desenvolver o trabalho apresentado, assim como o modelador *TQS* para as análises estruturais, por se tratar de software compatível com a plataforma *BIM (Building Information Modeling)* e estar parametrizado de forma a considerar norma NBR 6118 de estruturas de concreto.

2 OBJETIVOS

O objetivo principal deste estudo consiste na elaboração de alguns dos projetos envolvidos na construção de uma residência unifamiliar, contendo:

- análise do terreno
- estudo de massas do terreno e da construção
- estudo de viabilidade econômica
- projeto arquitetônico
- projeto estrutural da supra e infraestrutura

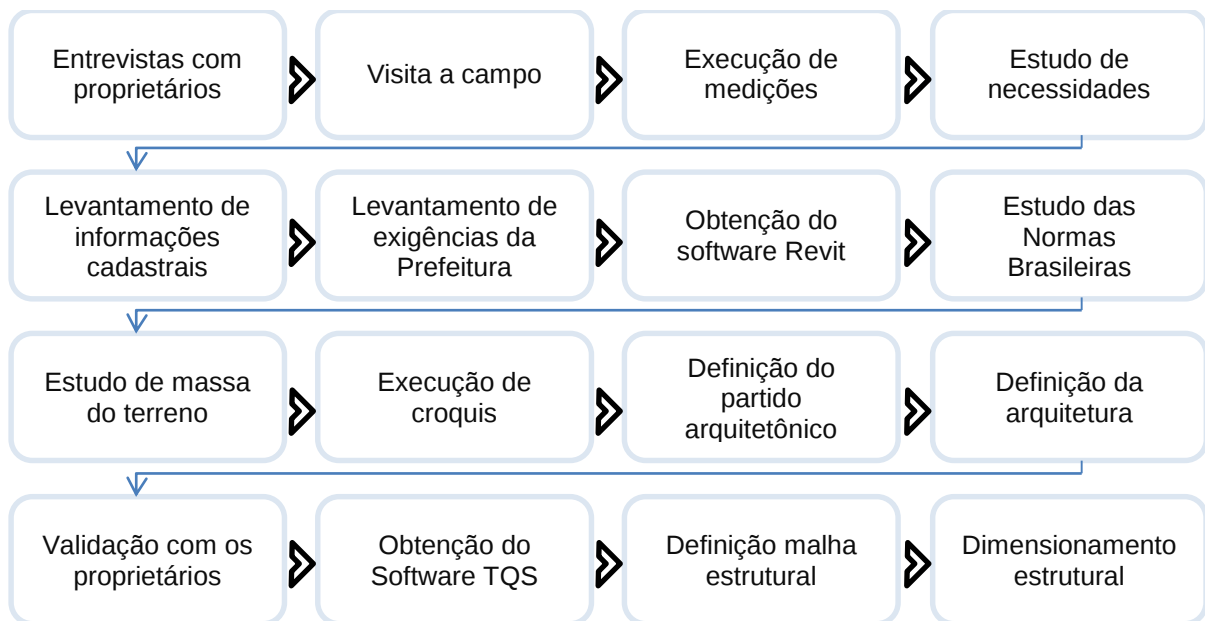
3 JUSTIFICATIVA

Ao longo da graduação em Engenharia Civil na Escola Politécnica, os alunos são expostos a uma elevada quantidade de conteúdos e métodos, ampliando os conhecimentos adquiridos que variam desde o dimensionamento de estruturas de concreto até o tratamento de resíduos urbanos e a segurança de aeronaves e aeroportos. No entanto, os ensinamentos supracitados são oferecidos de forma compartimentalizada, afastando-se da prática e da visão integrada dos projetos. Sendo assim, o tema do Trabalho apresentado surgiu do desejo de unir as disciplinas estudadas ao longo do curso em um único projeto, em que seja possível observar os impactos e conexões entre as decisões projetadas. Somando-se ainda as chances reais de implementação do projeto, a escolha pela execução deste estudo deu-se de forma natural.

4 MÉTODO

A construção civil atualmente é segmentada em setores, sendo cada fase elaborada por engenheiros especializados. Dessa forma, o planejamento prévio surge como etapa essencial para garantir economia financeira e de tempo na obra e evitar surpresas indesejáveis. Com o intuito do desenvolvimento do estudo, seguiu-se a metodologia identificada no fluxograma da Figura 1.

Figura 1: Fluxo de trabalho



fonte: elaborado pela autora

Além do identificado no fluxograma, a execução baseou-se também em reuniões com o professor orientador, assim como professores de outras disciplinas da Escola Politécnica e da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP de forma a buscar referências (bibliográficas e reais) e sugestões de soluções para os obstáculos enfrentados, além de estudos oriundos de pesquisas na internet.

Para execução do projeto, baseou-se nas etapas de um projeto de edificação definidas pela NBR 13531 (ABNT, 1995):

[NBR 13531 (ABNT, 1995)]

[...]

2.4 Etapas das atividades técnicas do projeto de edificação e de seus elementos, instalações e componentes.

[...]

- a) Levantamento (LV)
 - b) Programa de Necessidades (PN)
 - c) Estudo de Viabilidade (EV)
 - d) Estudo Preliminar (EP)
 - e) Anteprojeto (AP) e/ou Pré Execução (PE)
 - f) Projeto Legal (PL)
 - g) Projeto Básico (PB)
 - h) Projeto para Execução (PE)
- [...]

4.1 Levantamento

De acordo com a NBR 13531 (ABNT,1995) esta etapa tem o objetivo de coletar informações da situação preexistente e necessárias para a elaboração do projeto. Alguns dos dados que podem ser incluídos nesta etapa são físicos (cadastrais, levantamento planialtimétrico), legais, jurídicos e econômicos.

4.1.1 Condições locais

Para o entendimento das condições do terreno, foram levantadas as informações cadastrais, assim como o uso de visitas a campo para execução de medições, registros fotográficos e conhecimento do histórico do terreno.

4.1.2 Legislação

Para o desenvolvimento do Projeto, consultou-se a legislação do Município de Cotia tais como:

Lei Complementar nº 72/2007 – Plano Diretor

Lei Complementar nº 95/2008 – Plano de Zoneamento

Lei nº 48/1984 – Código Sanitário

Lei nº 1793/2013 – Instalações de esgoto

Plano Diretor Estratégico e Plano de Zoneamento

O Plano Diretor consiste em um instrumento de política e desenvolvimento urbano que serve para nortear as decisões de forma a alcançar os objetivos traçados. No

caso do município de Cotia, o Plano Diretor Estratégico foi instituído em 2014 pelo prefeito Joaquim H. Pedroso visando o desenvolvimento sustentável do município, ampliando as oportunidades para o segmento da população antes excluída e potencializando as atividades econômicas.

O Plano Diretor divide o município em cinco macro-zonas:

[Lei Municipal Complementar 72 – Lei do Plano Diretor (Prefeitura de Cotia, 2007)]

[...]

Macro-zona de Urbanização Consolidada - MUC;

II - Macro-zona de Urbanização em Desenvolvimento - MUD;

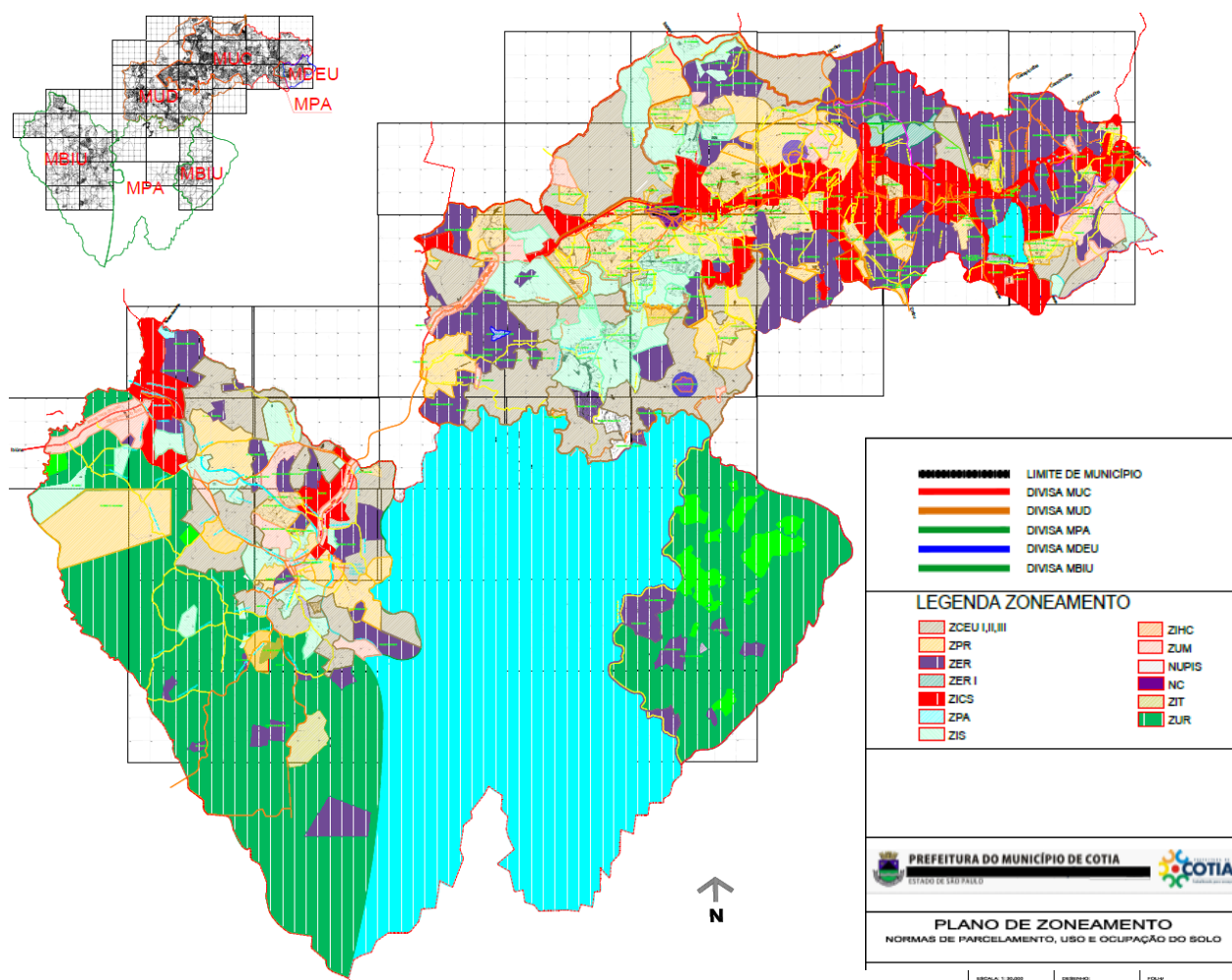
III - Macro-zona de Dinamização Econômica e Urbana - MDEU;

IV - Macro-zona de Baixo Impacto Urbano – MBIU

V - Macro-zona de Proteção Ambiental - MPA.

[...]

Dentre os instrumentos de política pública de que o Município dispõe para garantir que a cidade cumpra sua função social está incluso o Plano de Zoneamento. Este plano é responsável por definir os parâmetros para uso e ocupação do solo como, por exemplo, o aproveitamento do solo, adensamento, recuos nos terrenos, etc. O Zoneamento do município determinou a criação de 11 zonas que correspondem a áreas de características homogêneas, que são observadas na figura 2 abaixo.



fonte: Anexo I da Lei Complementar 95 do Município de Cotia – disponível para download em: <https://leismunicipais.com.br/a1/plano-de-zoneamento-uso-e-ocupacao-do-solo-cotia-sp>

Código Sanitário

O Código Sanitário consiste em um decreto que estipula regras e parâmetros sanitários mínimos para todos os tipos de construções. O decreto determina condições de saneamento básico, áreas e dimensões mínimas para os ambientes, condições de ventilação e iluminação.

[Decreto 12.342/1978. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo]

[...]

Artigo 35 – Os compartimentos deverão ter conformação e dimensões adequadas à função ou atividade a que se destinam, atendidos os mínimos estabelecidos neste Regulamento e em suas Normas Técnicas Especiais.

[...]

No caso do município de Cotia, a Lei nº 48/1984 adota o código sanitário do Estado de São Paulo para aprovação de obras e edificações, tratando-se do Decreto Nº 12.342/1978.

Alvará de Aprovação de Residência e Habite-se

Para o trabalho foi levantado o processo burocrático necessário para uma construção, consistindo na aplicação na Prefeitura da documentação necessária para a solicitação de Alvará de Aprovação de Residência, que determina a aprovação do projeto aplicado e início da obra. Depois de finalizada a construção, é necessário solicitar um certificado de conclusão, comumente conhecido como Habite-se, que comprova a regularidade do imóvel e autoriza seu uso.

4.2 Programa de necessidades

O programa de necessidades tem o objetivo de identificar as necessidades e expectativas dos clientes (NBR 13531,1995). Esta etapa foi executada baseada predominantemente nas experiências dos proprietários e moradores, demonstrando suas insatisfações com a atual situação e desejos para a nova edificação.

4.3 Estudo de viabilidade

Etapa destinada à análise e avaliação de alternativas para a concepção da edificação (NBR 13531, ABNT,1995). Neste trabalho foram feitas análises das possibilidades de implantação da construção no terreno.

4.4 Estudo preliminar

O estudo preliminar consiste em etapa para implementar as informações técnicas levantadas, necessárias para o entendimento inicial da configuração do edifício. Nesta etapa analisa-se a orientação solar, as oportunidades e dificuldades oferecidas pelo terreno, incidência de correntes de vento, etc. (NBR 13531,1995)

4.5 Anteprojeto

Etapa destinada ao detalhamento do estudo preliminar da edificação e de seus elementos de forma a permitir estimativas de custos e prazos de obras. (NBR 1353,1995)

4.6 Projeto Legal

Etapa destinada à adaptação das representações para envio às autoridades envolvidas na aprovação da construção, com as informações necessárias para obtenção do alvará de construção (NBR 13531,1995).

4.6 Projeto Básico

O projeto básico consiste em uma etapa opcional e confere ao projeto de edificação as características suficientes e necessárias para a contratação dos serviços (NBR 13531, 1995).

4.7 Projeto de Execução

Etapa destinada à elaboração do detalhamento das representações para fornecer adequado e suficiente entendimento para execução dos serviços, permitindo uma construção correta que garanta segurança e atendimento às normas (NBR 13531, 1995).

4.8 Projeto de Arquitetura

Para a concepção do modelo de arquitetura da residência adequado às necessidades da família e exigências normativas, foram feitas consultas a docentes do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da USP (PCC – EPUSP) e do Departamento de Projeto da Faculdade de Arquitetura da USP (AUP – FAUUSP) assim como profissionais do ramo de Engenharia Civil e Arquitetura. A modelação foi executada no software *Autodesk Revit Architecture* e as principais referências bibliográficas usadas foram:

- Minha Casa Sustentável: Guia para uma construção residencial responsável. Arquiteto Heliomar Venâncio. 2ª Edição. Editora Zamboni. 2010
- NBR 13532- Elaboração de projetos de edificações – Arquitetura. ABNT, 1994
- NBR 6492- Representação de projetos de arquitetura. ABNT, 1992
- Decreto N.12.342/1978 – Código Sanitário para Edificações.

4.9 Projeto Estrutural

Para a concepção do modelo estrutural da residência que garantisse economia e segurança para a construção, foram acessados docentes do Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica da Escola Politécnica da USP (PEF – EPUSP) assim como profissionais do ramo de Engenharia Civil.

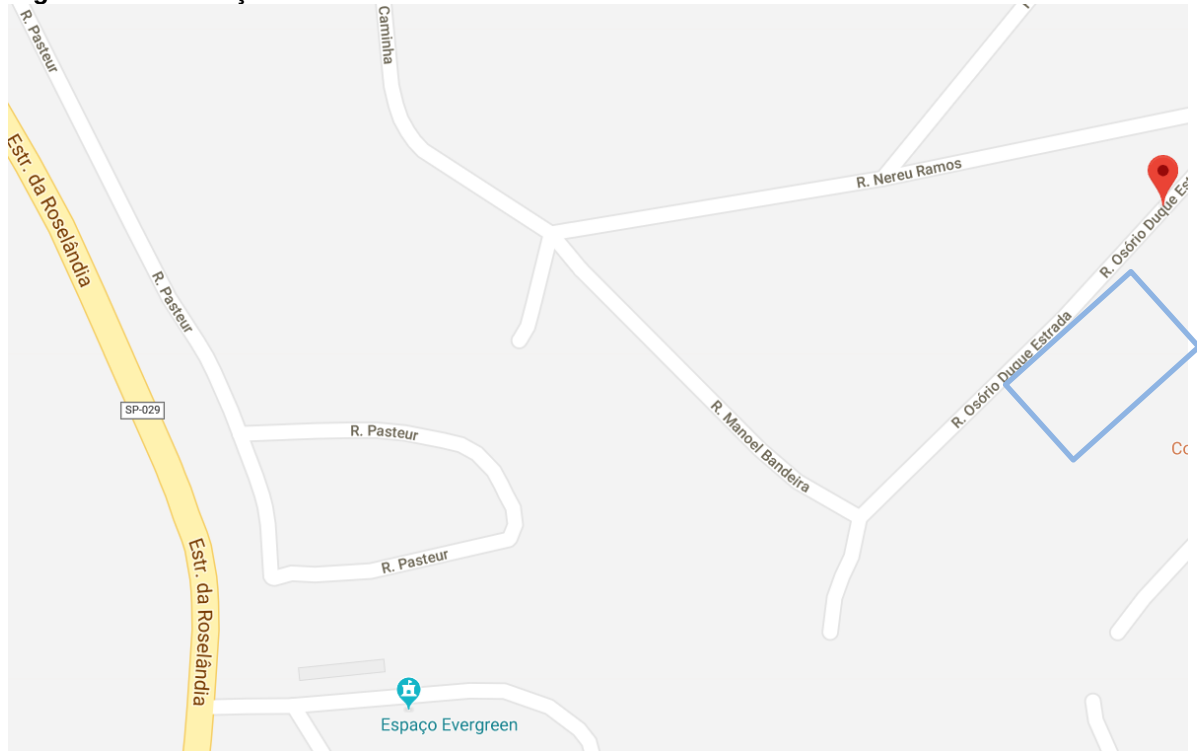
O dimensionamento estrutural da construção foi executado no Software TQS, de forma a permitir uma posterior extração para o software *Autodesk Revit Architecture*.

As referências normativas e bibliográficas principais usadas como base foram:

- NBR 6120 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificação. ABNT, 1980
- NBR 6118 – Projeto de Estruturas de Concreto: Procedimentos. ABNT, 2004

- Considerações sobre telhados de edifícios. Justo Moretti Filho. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz
- Notas de Aula. PEF 2303 – Estruturas de Concreto I. Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica EPUSP
- Notas de Aula. PCC2515 – Alvenaria Estrutural. Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco. Departamento de Engenharia de Construção Civil EPUSP.

Figura 4: Localização do terreno no condomínio



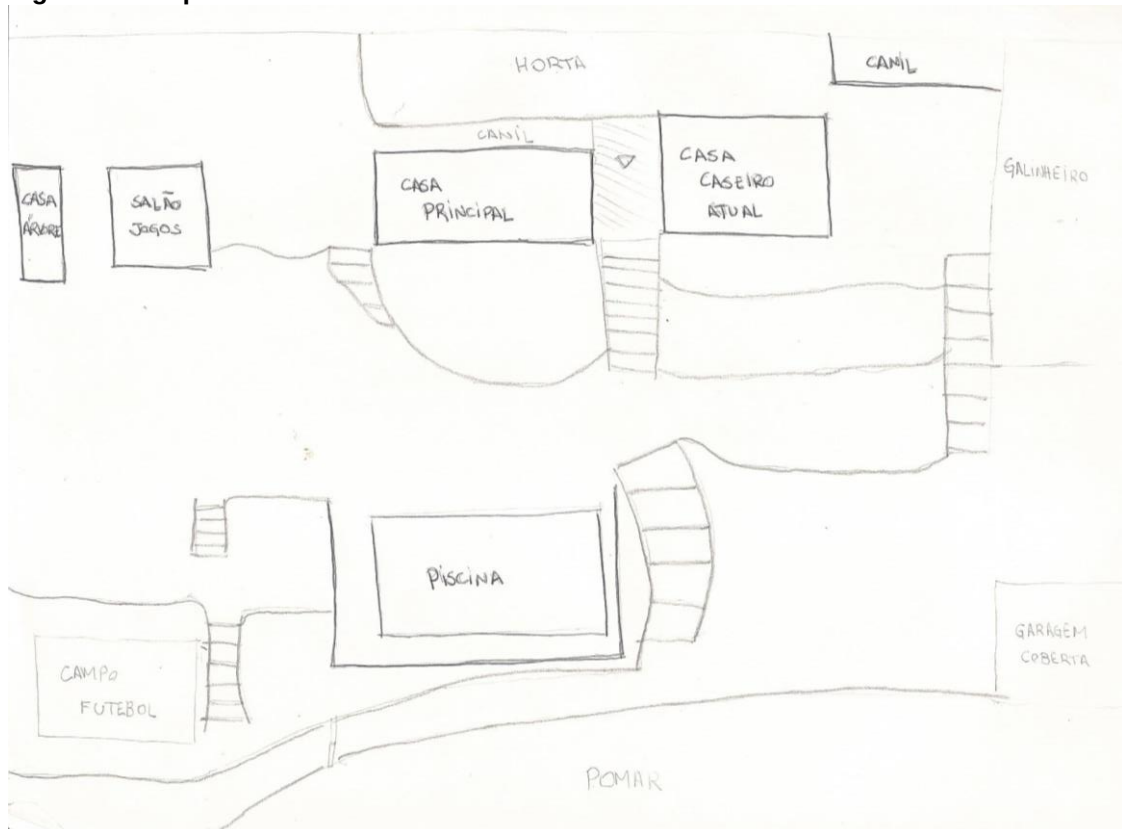
fonte: Google Maps

O terreno natural na época de aquisição apresentava-se muito acidentado, dificultando o uso pelos proprietários. Com o intuito de planifica-lo e garantir um melhor uso, foram executados cortes e movimentações de terra, identificados no croqui da figura 5.

Situação atual do terreno

O terreno é composto de quatro lotes de aproximadamente 1.000m² cada e atualmente possui duas casas construídas, piscina, pequeno campo de futebol, área para churrasqueira/salão de jogos, casa na árvore, galinheiro, dois canis, pomar e horta, conforme disposição identificada no croqui da figura 5 e nas fotos 1-2.

Figura 5: Croqui do terreno



fonte: elaborado pela autora

Foto 1: Fachada frontal da casa principal



fonte: fotografado pela autora

Foto 2: Casas atuais e piscina (a esquerda), vistas da garagem



fonte: fotografada pela autora

5.1.2 Legislação

Plano Diretor Estratégico e Plano de Zoneamento

A localização do terreno da Chácara é classificada como Zona Exclusivamente Residencial (ZER) pertencente à Macro-zona de Urbanização em Desenvolvimento (MUD), classificações previstas no Plano de Zoneamento e no Plano Diretor Estratégico cujos parâmetros urbanísticos são definidos com base no Anexo V da Lei de Zoneamento, conforme tabela 1 abaixo.

Tabela 1: Índices urbanísticos de Cotia



Prefeitura de Cotia • Estado de São Paulo
Secretaria Geral do Gabinete

ANEXO V - Tabela de Índices Urbanísticos												
ZONA		Lote Min (m²)	Frente Mínima	Taxa Ocupação	Coef. Aprov.		Coef. Perm.	Gabarito	Nº Vagas	Recuos		
					min	máx				Frente Mínimo	Lateral Mínima	Fundo Mínimo
ZUR	Zona Uso Rural	20.000	20m	0.10	---	0.20	0.80	---	---	(*)	(*)	(*)
ZUM	Zona de Uso Misto	125(**)	5m	0.60	0.10	1,8	0.30	16m	(+)	5m	1,5m em um lado	3m
ZPR	Zona Predominantemente Residencial	125(**)	5m	0,6	0.10	1.80	0.25	12m	(+)	5m	1,5m em um lado	3m
ZIT	Zona de Interesse Turístico	5.000	20m	0.10	---	0.50	0.85	(*)	---	(*)	(*)	(*)
ZICS	Zona de Indústria, Comércio e Serviços	250(**)	5m	0.7	0.10	1,07	0.25	16m	(++++)	5m	2m em um lado	3m
ZPA	Zona de Preservação Ambiental	20.000	100m	0.05	---	0.05	0.90	(*)	---	(*)	(*)	(*)
ZCEU 1	Zona de Contenção à Expansão Urbana 1	500	15m	0.10	---	0.40	0.50	9m	(+)	5m	2,0m em ambos os lados	3m
ZCEU 2	Zona de Contenção à Expansão Urbana 2	500	15m	0.10	---	0.40	0.50	9m	(+)	5m	2,0m em ambos os lados	3m
ZCEU 3	Zona de Contenção à Expansão Urbana 3	500	15m	0.50	0,1	1	0.30	6m	(+)	5m	1,5m em ambos os lados	3m
ZIS	Zona de Interesse Social	125(**)	5m	0.60	0.10	2	0.30	15m	(+++)	4m	1,5m em um lado	3m
NC	Núcleo Central	125(**)	5m	0.60	0.10	1.80	0.25	12m	(++)	5m	1,5m em um lado	3m
ZER	Zona Estritamente Residencial	500(**)	10m	0.50	0.10	1	0.30	9m	(+)	5m	1,5m em ambos os lados	3m
ZER 1	Zona Estritamente Residencial 1	360(**)	12m	0.50	0.10	1	0.30	9m	(+)	5m	1,5m em ambos os lados	3m
ZIHC	Zona de Interesse Histórico e Cultural	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)

(*) Lote Mínimo, Taxas, Coeficientes e Recuos a serem analisados em caráter especial, segundo o Uso.
 (**) No caso de empreendimentos condominiais, os quais gerem frações ideais, o lote mínimo, corresponderá a área bruta do lote e ou gleba objeto do condomínio
 (+) 1 vaga por Unidade Habitacional
 (++) 2 vagas para 50 m²
 (+++) 1 vaga para 2 Unidades Habitacionais
 (+++++) 1 vaga para cada 100m²

fonte: Anexo V da Lei Complementar 95 do Município de Cotia – disponível para download em: <https://leismunicipais.com.br/a1/plano-de-zoneamento-uso-e-ocupacao-do-solo-cotia-sp>

Dentre os parâmetros urbanísticos determinados, a frente mínima, taxa de ocupação, coeficiente de aproveitamento (mínimo e máximo) e coeficiente de permeabilidade não foram considerados, uma vez que devido às dimensões e realidade do terreno, estes valores já são naturalmente respeitados. Sendo assim, os índices determinantes para a edificação, são:

- Gabarito (máximo): 9m
- Recuo frontal (mínimo): 5m
- Recuo lateral (mínimo): 1,5m
- Recuo fundo (mínimo): 3m

Código Sanitário

A Lei municipal nº 48/1984 adota o Código Sanitário do Estado de São Paulo para aprovação de obras e edificações, tratando-se do Decreto N° 12.342/1978, conforme mencionado anteriormente. O decreto em questão do Estado de São Paulo determina as dimensões identificadas nas tabelas 2 e 3 para habitações unifamiliares.

Tabela 2: Áreas mínimas de ambientes determinadas pelo Decreto N° 12.342/1978

Ambiente	área mínima (m²)	Obs.
salas	8	-
cozinha	4	
banheiros	2,5	bacia sanitária, chuveiro e lavatório. Dimensão mínima 1m
dormitórios	-	
1 dorm.	12	
2 dorm.	10	
3+ dorm.	10/8/6	- pelo menos um dorm $\geq 10\text{m}^2$ -menor dormitório $\geq 6\text{m}^2$

fonte: elaborada pela autora

Tabela 3: Dimensões mínimas de ambientes determinadas pelo Decreto N° 12.342/1978

Ambiente	dimensão mínima (m)
corredor	0,9
pé direito sala e dormitório	2,7
pé direito demais compartimentos	2,5
pé direito garagens	2,3

fonte: elaborada pela autora

Alvará de Aprovação de Residência e Habite-se

Conforme informação obtida através de visita à Secretaria de Habitação do Município de Cotia, a documentação exigida para obtenção de Alvará de Aprovação e Habite-se, consiste nas informações identificadas na tabela 4.

Tabela 4: Documentação exigida pela Prefeitura

[illegible]

OK	ITEM	DOCUMENTO
	1.	Requerimento ao Sr. Prefeito (indicar obrigatoriamente e-mail e telefone para contato).
	2.	Relatório fotográfico
	3.	Aprovação junto ao GRAPROHAB .
	4.	2 Cópias de ART/RRT com Comprovante de Pagamento (agendamento de pagto não é válido)
	5.	Termo de abertura de Caderneta de Obras (somente para projetos novos e/ou projetos com acréscimo de área) (ver observação 2)
	6.	Certidão de Diretrizes.
	7.	Cópia do carnê de IPTU (página com informações do imóvel e proprietário).
	8.	Declaração de abastecimento de água ou cópia de conta de água (caso seja atendido por rede de coleta pública de esgoto).
	9.	Indicação de número oficial, fornecido pela Prefeitura Municipal de Cotia.
	10.	Declaração de responsabilidade técnica (conforme modelo).
	11.	Termo de encerramento de Caderneta de obras.
	12.	Habite-se ou Auto de Conclusão de Obra
	13.	Laudo Circunstancial da obra, assinado por responsável técnico (conforme modelo).
	14.	Levantamento Planialtimétrico em escala compatível com o projeto (1:1000, 1:500, 1:250, 1:100).
	15.	Memorial de terraplenagem e Memorial de drenagem superficial.
	16.	Licença de instalação da CETESB .
	17.	Memorial de cálculo de TS e PA conforme NBR 13969/97 e NBR 7229/93.
	18.	Memorial Descritivo das Construções a serem Aprovadas ou Regularizadas (PREFERENCIALMENTE INCLUIR NO PROJETO)
	19.	Memorial de Piscina (quando houver).
	20.	Memorial Descritivo das Construções Aprovado (ORIGINAL)
	21.	Cópia de Matrícula do imóvel atualizada (com validade máxima de 90 dias).
	22.	Projeto Aprovado (ORIGINAL)
	23.	Alvará de Construção (ORIGINAL)
	24.	Projeto Simplificado de acordo com o Decreto nº 5233/02.
	25.	01 Cópia do Projeto Aprovado ou Croqui da área a demolir em escala adequada.
	26.	Cópia do título de Propriedade (Escritura de compra e venda, (Contrato Reg. em cartório, Matrícula do Cart. Reg. Imo -Val. 90 dias, etc).
	27.	Cópia de RG e CPF/CNPJ.
	28.	Declaração de Responsabilidade nos termos da Normativa 002/14 de 17/07/14
	29.	Cópia da carteira do CAU/CREA.
	30.	Cópia do comprovante de recolhimento de ISSQN do profissional. (agendamento de pagto não é válido)
	31.	Cópia do pagamento da anuidade do CAU/CREA. (agendamento de pagto não é válido)
	32.	Cópia de comprovante de endereço (conta de água, conta de luz, conta de telefone, etc).
	33.	CNAE – Código de Atividade da Receita Federal.

34.	Projeto Completo (plantas, cortes, fachadas, tabela de iluminação e ventilação).
35.	Declaração de conclusão de obra (conforme modelo).
36.	Ciência do profissional (na folha de Requerimento ao Sr. Prefeito ou em declaração à parte).
37.	Croqui de localização.
38.	Ficha de Responsabilidade Técnica.
39.	Memorial descritivo com situação atual e situação pretendida do lote.
40.	Procuração com firma reconhecida do proprietário ou autor do projeto para protocolização, acompanhamento e retirada de projeto ou alvará.
41.	Projeto em arquivo eletrônico de AutoCad™ (dwg) versão 2007 para projetos acima de 1000,00 m ² (em mídia cd)
42.	Cópia Simples de Alvará.
43.	Cópia Simples de Memorial.
44.	Declaração expressa com firma reconhecida conforme Decreto nº 5233/02. (somente para projeto simplificado)
45.	Relatório Fotográfico de Características do Lote (Vegetação, Curso D'água, Topografia, etc..)
46.	Memorial de Cálculo de Terraplenagem com volume de Corte e Aterro

fonte: Prefeitura de Habitação Município de Cotia

5.2 Programa de necessidades

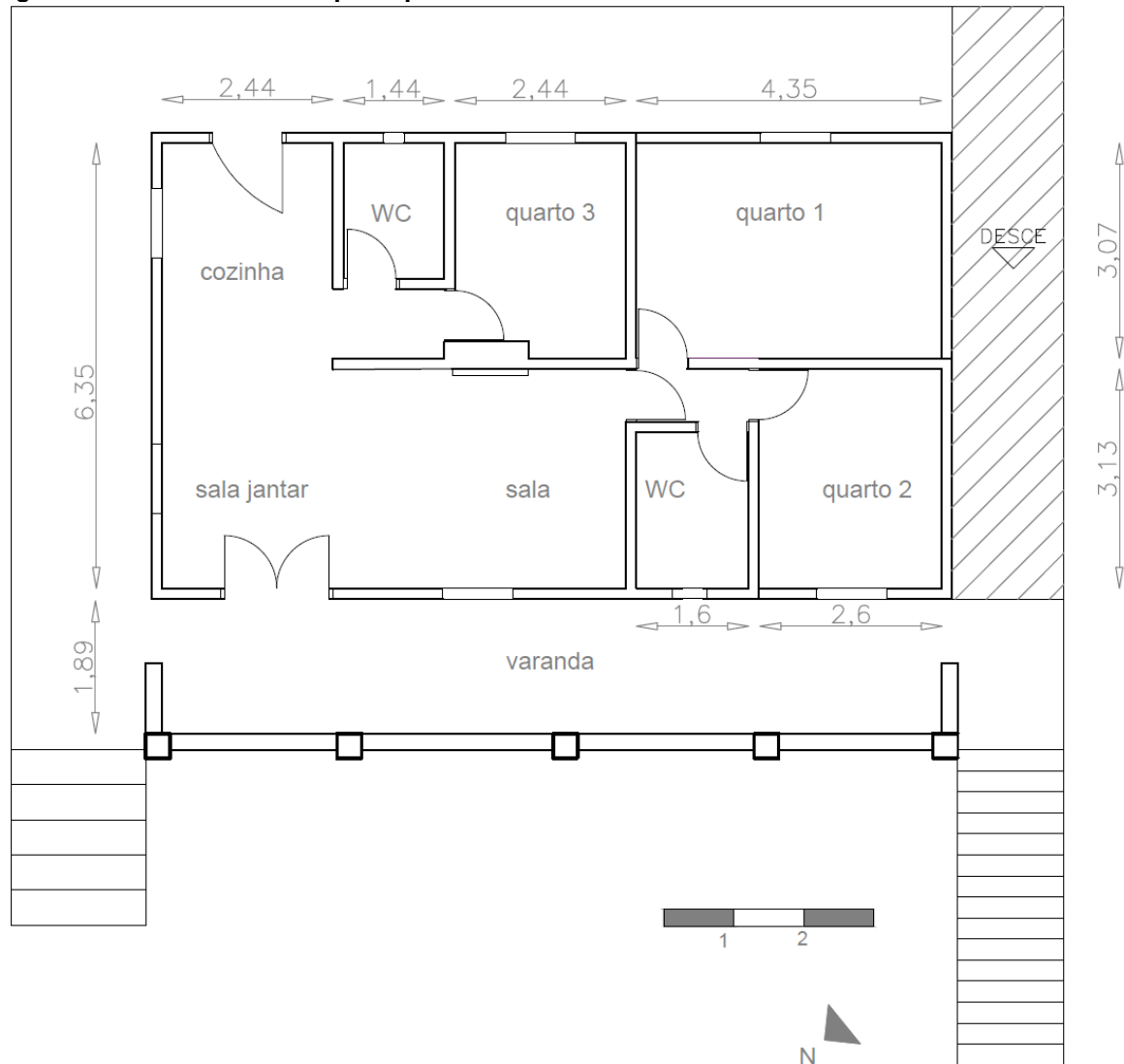
A construção da edificação faz parte de um conjunto de melhorias a serem aplicadas na Chácara na expectativa de torna-la mais atrativa aos familiares, motivação expressa pelos proprietários em entrevistas executadas com o intuito de entender seus desejos e expectativas para a construção.

A construção em questão será destinada ao uso pela família de caseiros, composta por um casal e dois filhos. Espera-se como resultado da construção a obtenção de uma casa que atenda às necessidades dos moradores e também gere valorização para o terreno.

Foram levantados os principais problemas identificados ao longo dos anos, tais como baixa disponibilidade de espaços internos na casa principal para a atual condição da família; baixa luminosidade e reduzido conforto térmico (baixas temperaturas internas ao longo do ano todo).

Os efeitos do dimensionamento da residência principal podem ser percebidos na planta identificada na figura 6, com ambientes de áreas reduzidas, principalmente considerando uma família com cinco membros.

Figura 6: Planta Baixa casa principal



fonte: elaborada pela autora

Após investigações, possíveis causas para as insatisfações referentes à iluminação e efeitos térmicos foram levantadas, tais como a baixa incidência de luz solar, afetando ambos os fatores, assim como a presença de umidade no interior da casa, intensificando o problema de conforto térmico.

A baixa incidência de luz solar provavelmente ocorre devido ao posicionamento da construção no terreno, em que dois dos dormitórios possuem abertura para a fachada Sul que, além de naturalmente receber baixa incidência de raios solares, é prejudicada pela existência de um muro de arrimo de aproximadamente 2m de altura distante 1,8m das aberturas. Esta proximidade fica comprovada na Foto 3. Além disso, a fachada principal, com maior abertura para incidência de luz solar possui varanda frontal com cobertura rebaixada que impede a entrada de luz pelas aberturas, conforme foto 1. O denso bosque localizado próximo à construção

funciona como meio filtrante para os raios solares que incidem na fachada que apresenta melhor posicionamento em relação ao trajeto do Sol (Nordeste), também prejudicando a elevação da temperatura interna da estrutura (foto 4). Todos esses elementos foram concluídos após análises das cartas solares identificadas nas figuras 7-8.

Foto 3: Fachada posterior da casa principal



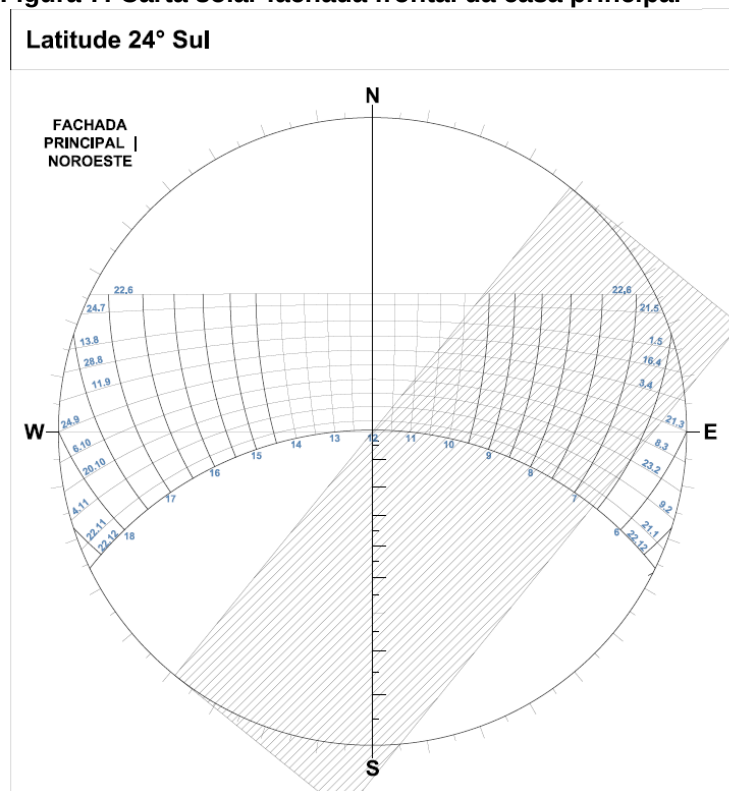
fonte: fotografada pela autora

Foto 4: Casa principal, bosque e salão de jogos/churrasqueira (ao fundo)



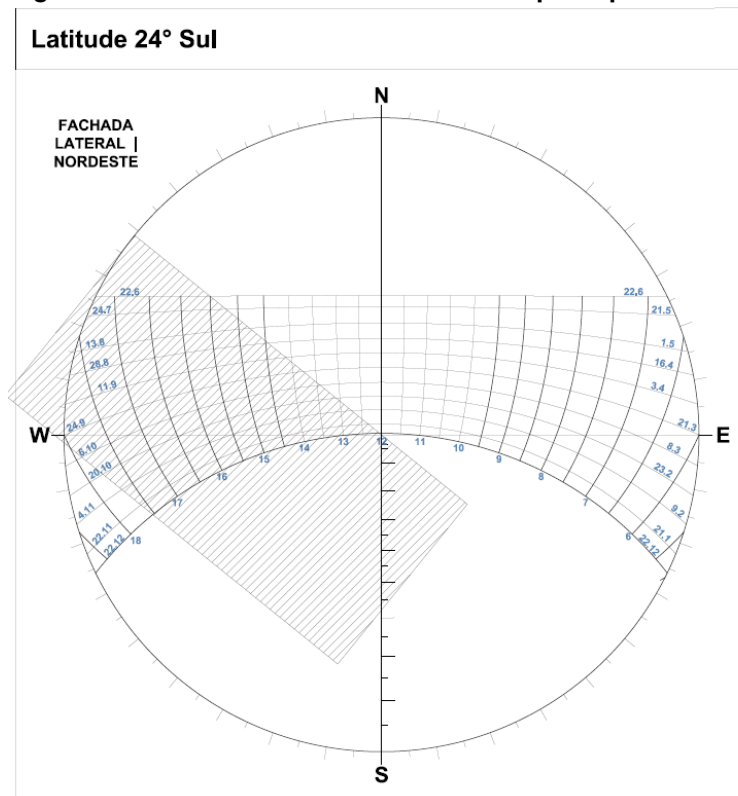
fonte: fotografada pela autora

Figura 7: Carta solar fachada frontal da casa principal



fonte: elaborada pela autora

Figura 8: Carta solar fachada lateral casa principal



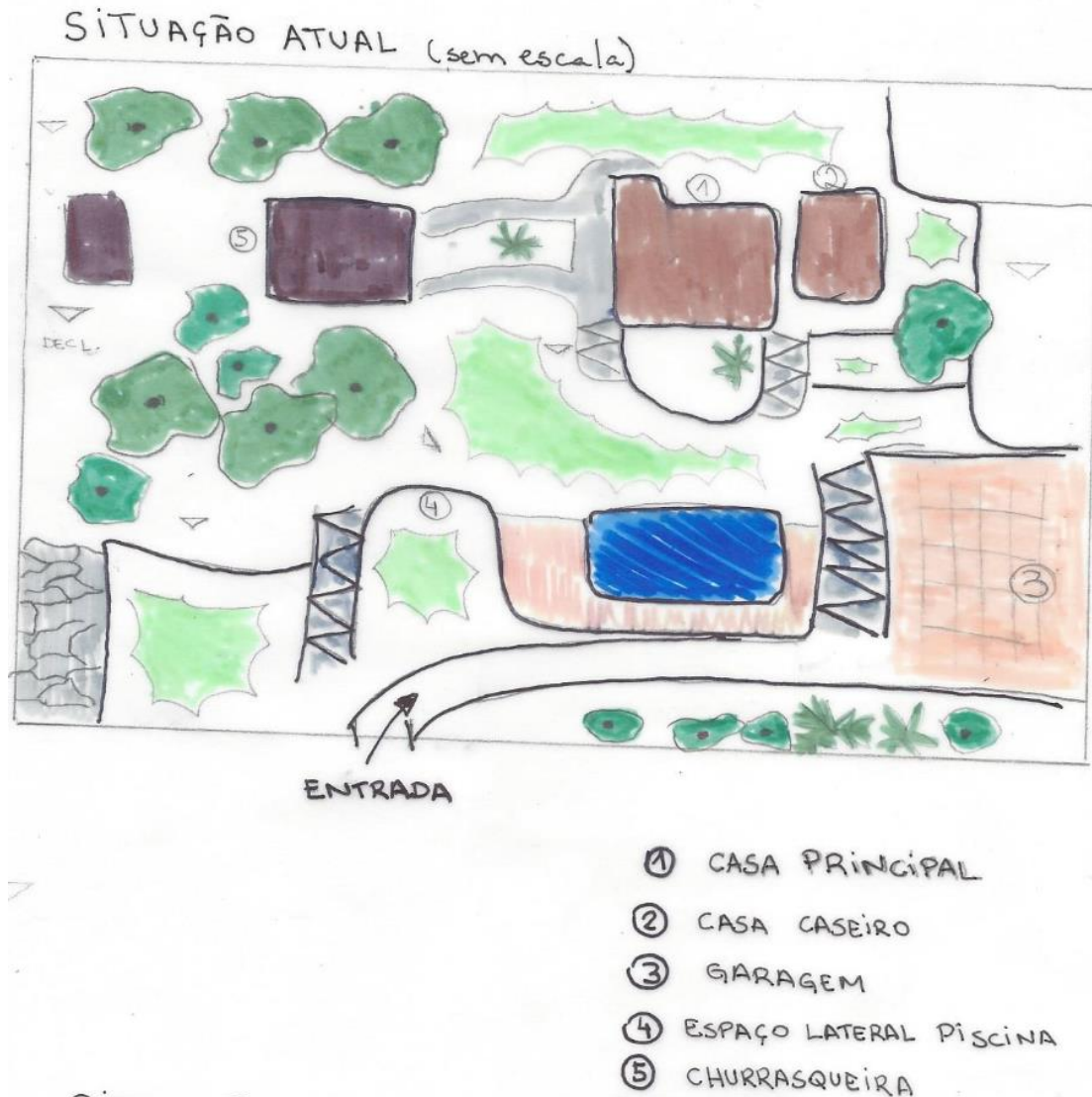
fonte: elaborada pela autora

A reforma geral do terreno visada pelos proprietários inclui a unificação da casa principal com a atual casa dos caseiros para atender às necessidades de ampliação dos espaços desejada pela família. Também serão contemplados na obra a reestruturação do salão de jogos através de reforma do piso e cobertura e a criação de um novo espaço de permanência por meio da ampliação da estrutura elevada ao lado da piscina.

5.3 Estudo de Viabilidade

Para a análise de viabilidade foi desenvolvido um estudo de massas das condições atuais do terreno, que permitisse uma melhor visibilidade das possibilidades construtivas. O resultado foi expresso na figura 9.

Figura 9: Estudo de massa condição atual do terreno



fonte: elaborada pela autora

Devido ao elevado número de alterações desejadas no terreno, foi necessário executar um dimensionamento de custos que visa trazer visibilidade global do investimento financeiro necessário e planejar a obra com base no resultado.

Para adequada estimativa de custos, foi usado como embasamento o orçamento referencial disponível no site do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI). De acordo com a Caixa Econômica Federal:

[Referência de Preços e Custos – Site Caixa Econômica Federal/2018]

[...]

O SINAPI foi indicado como fonte oficial de referência de preços de insumos e de custos de composições de serviços pelo Decreto 7983/2013 que estabelece regras e critérios para elaboração do orçamento de referência de obras e serviços de engenharia

[...]

O orçamento selecionado como base de referência consiste em obra de edificação residencial unifamiliar, classificada como padrão normal e executada em alvenaria convencional e estrutura de concreto armado. De acordo com as fases identificadas no orçamento e preços e custos dos insumos e composições para o estado de São Paulo, atualizados até Setembro/2018, foi possível elaborar a tabela 5.

Tabela 5: Relevância de custos na obra de referência

FASE	CUSTO TOTAL	%
Serviços preliminares de obra	3.362,31	2%
Infraestrutura	17.592,44	11%
Superestrutura	19.539,05	13%
Paredes e painéis	13.497,65	9%
Vergas/Contravergas/Peitoris	1.790,83	1%
Cobertura/Proteções	16.467,45	11%
Revestimento de teto	4.404,62	3%
Revestimentos internos	15.594,94	10%
Revestimentos externos	10.680,75	7%
Pavimentação	10.548,09	7%
Esquadrias/Vidros/Ferragens	11.795,15	8%
Instalações elétricas / telefone / TV	18.773,81	12%
Instalações hidrossanitárias	6.162,35	4%
Louças e metais	3.081,46	2%
Complementações	1.584,41	1%
TOTAL GERAL	154.875,31	100%
TOTAL/m² (90,06m²)	1.719,69	-

fonte: elaborada pela autora

Para o dimensionamento dos custos da obra global, foram aplicadas metodologias para cada uma das alterações desejadas no terreno, baseadas nos índices do SINAPI. As premissas adotadas para as alterações foram:

- 1) Construção da nova casa do caseiro: considera os valores do orçamento de referência da obra do SINAPI

2) Unificação das casas

- a. A estrutura da atual casa principal deverá ser mantida (infra e superestrutura representam 24% do custo de acordo com tabela 5)
- b. A expansão da casa principal considerou o orçamento referência da obra do SINAPI
- c. A demolição das alvenarias internas da casa principal, assim como da atual casa do caseiro foi considerada com um coeficiente de empolamento de 50% para o entulho, usando como base as seguintes composições de custos do SINAPI:

_97624 - DEMOLIÇÃO DE ALVENARIA DE TIJOLO MACIÇO, DE FORMA MANUAL, SEM REAPROVEITAMENTO. AF_12/2017

_97628 - DEMOLIÇÃO DE LAJES, DE FORMA MANUAL, SEM REAPROVEITAMENTO. AF_12/2017

_97650 - REMOÇÃO DE TRAMA DE MADEIRA PARA COBERTURA, DE FORMA MANUAL, SEM REAPROVEITAMENTO. AF_12/2017

_97647 - REMOÇÃO DE TELHAS, DE FIBROCIMENTO, METÁLICA E CERÂMICA, DE FORMA MANUAL, SEM REAPROVEITAMENTO. AF_12/2017

- 3) Construção de novo espaço de convivência para a churrasqueira: considera os valores do orçamento de referência da obra do SINAPI
- 4) Recuperação do salão de jogos: para a melhoria dos sistemas de iluminação foi considerada uma redução de 40% da representatividade da parcela no orçamento de referência (na tabela 5 representa 12% do custo da obra, será considerado 7,2%), por tratar-se de ambiente com menos exigências de conforto em comparação com o interior de uma habitação. A execução de nova laje, contrapiso, piso e telhamento foi estimado com base nas composições de custo seguintes:

_LAJE PRÉ-MOLDADA UNIDIRECIONAL COM VÃOS MAIORES QUE 3,0 M, BIAPOIADA, ENCHIMENTO EM EPS, VIGOTA TRELIÇADA, ALTURA TOTAL DA LAJE - LT (ENCHIMENTO+CAPA) = (8+4). AF_09/2016 – 50,08

_87620 - CONTRAPISO EM ARGAMASSA TRAÇO 1:4 (CIMENTO E AREIA), PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L, APLICADO EM ÁREAS SECAS SOBRE LAJE, ADERIDO, ESPESSURA 2CM. AF_06/2014

_98681 - PISO CIMENTADO, TRAÇO 1:3 (CIMENTO E AREIA), ACABAMENTO RÚSTICO, ESPESSURA 2,0 CM, PREPARO MECÂNICO DA ARGAMASSA. AF_06/2018

_94207 - TELHAMENTO COM TELHA ONDULADA DE FIBROCIMENTO E = 6 MM, COM RECOBRIMENTO LATERAL DE 1/4 DE ONDA PARA TELHADO COM INCLINAÇÃO MAIOR QUE 10°, COM ATÉ 2 ÁGUAS, INCLUSO IÇAMENTO. AF_06/2016

Com estas estimativas o orçamento da obra global foi obtido no valor de R\$565.182,00, conforme resumo na tabela 6.

Tabela 6: Estimativa custo obra completa

ALTERAÇÃO	DETALHAMENTO	CUSTO/UNID	DIMENSÃO	CUSTO TOTAL	REFERÊNCIA
Nova casa do caseiro	m²	1.719,69	100	171.969	orçamento ref.
Unificação casas atuais	casa principal manutenção estrutura	1.324,20	110	145.662	orçamento ref.
	expansão casa	1.719,69	80	137.575	orçamento ref.
	demolição (empolamento = 50%) alvenaria 27,5m³	95,88	41,25	3.955	compos. de custos
	demolição (empolamento = 50%) laje 12,3m³	252,03	18,45	4.650	compos. de custos
	demolição madeiramento e telha (m²)	9,44	60	566	compos. de custos
Novo espaço churrasqueira	m²	1.719,69	32	55.030	orçamento ref.
Recuperação salão de jogos	lajes (m²)	442,46	70	30.972	compos. de custos
	contrapiso (m²)	26,68	70	1.868	compos. de custos
	piso (m²)	25,34	70	1.774	compos. de custos
	iluminação redução de 40% da parcela (m²)	125,10	70	8.757	orçamento ref.
	telhamento (m²)	34,34	70	2.404	compos. de custos
TOTAL				565.182	

fonte: elaborada pela autora

Após apresentado o valor estimado para os proprietários foi determinado que a obra deverá ser iniciada pela construção da nova casa dos caseiros, seguida da recuperação do salão de jogos e da unificação das casas existentes. A possibilidade de construção do novo espaço de permanência será analisada futuramente.

Ao longo do estudo de viabilidade foram analisadas opções de implantação para a nova casa. Em virtude do desejo dos proprietários de localizar a construção nas proximidades dos limites do terreno e portão de entrada para fornecer maior segurança e proximidade com os vizinhos, as opções de posicionamento foram restringidas. Apenas dois locais se apresentaram como plausíveis: aos fundos do campo de futebol, onde hoje há depósito de pedras, e no local da atual garagem e pomar, este último definido como local para implantação dadas as condições de insolação e obstáculos para a construção.

Foi realizado um estudo de massa da condição final do terreno, considerando todas as obras desejadas.

Figura 10: Estudo de massa da condição final



fonte: elaborada pela autora

5.4 Estudo Preliminar

A localização definida para implantação da construção abriga atualmente a garagem, composta de cobertura de fibrocimento apoiada em estrutura de madeira e recuada até o limite lateral do terreno, onde se encontra com um muro de divisa. O espaço de garagem possui dimensões de 6mx6m.

O pomar possui 10m de profundidade e acompanha o limite frontal do terreno em toda sua extensão, a partir da entrada. Apresenta terreno em declive e desnível de aproximadamente 0,9m em relação à garagem, sendo insuficiente para se adequar às medidas mínimas do pé-direito. As fotos 5 e 6 representam o local de implantação.

Foto 5: Garagem atual e declive do pomar. Vista a partir do limite frontal do terreno



fonte: fotografada pela autora

Foto 6: Pomar e muro de divisa lateral. Vista a partir da garagem



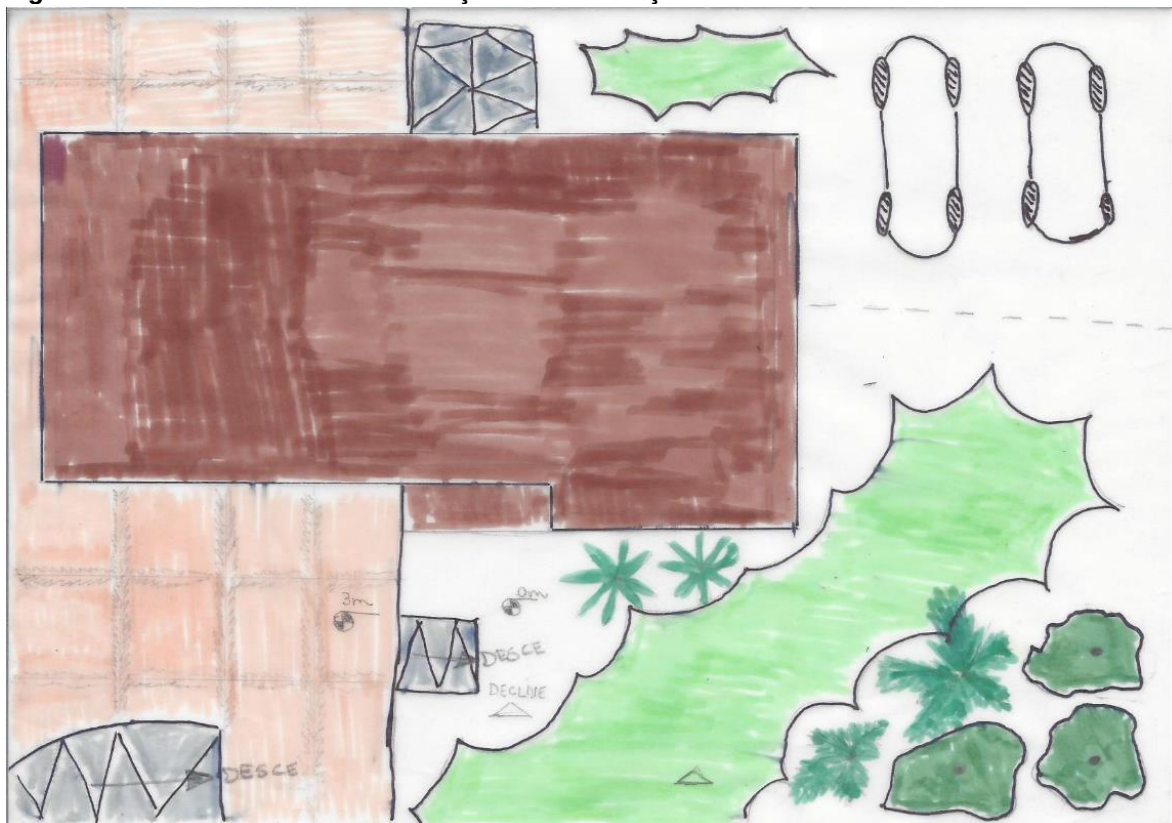
fonte: fotografada pela autora

Os índices urbanísticos definidos pelo Plano de Zoneamento determinam recuos mínimos de 1,5m lateralmente e 5m de frente. Considerando a baixa disponibilidade de espaço e os desníveis existentes, foi determinado que a casa será construída com dois pavimentos e exigirá corte e movimentação de terra para compensar o desnível e declive. A terra retirada da construção deverá ser reaplicada em outros locais do terreno que apresentam erosão extensa devido ao fluxo de água das chuvas.

A atenção à insolação foi necessária para evitar a repetição dos problemas de conforto térmico e iluminação levantados pelos proprietários na etapa do programa de necessidades. Como as possibilidades de posicionamento da casa no terreno escolhido eram limitadas pelo padrão estético desejado e alinhamentos, definiu-se que a distribuição dos cômodos e aberturas seria feita com o viés da orientação solar.

O estudo de massa da construção em sua posição final está exemplificado na figura 11.

Figura 11: Estudo de massa da locação da construção



fonte: elaborada pela autora

5.5 Projeto Arquitetônico

A concepção arquitetônica consiste na aplicação do partido arquitetônico definido para a edificação. De acordo com Carlos Lemos:

[Teoria e prática do partido arquitetônico – Mario Biselli, 2011]

[...]

Partido seria uma consequência formal derivada de uma série de condicionantes ou de determinantes; seria o resultado físico da intervenção sugerida. Os principais determinantes, ou condicionadores, do partido seriam:

- a. a técnica construtiva, segundo os recursos locais, tanto humanos, como materiais, que inclui aquela intenção plástica, às vezes, subordinada aos estilos arquitetônicos.
- b. o clima.
- c. As condições físicas e topográficas do sítio onde se intervém.
- d. o programa das necessidades, segundo os usos, costumes populares ou conveniências do empreendedor.
- e. as condições financeiras do empreendedor dentro do quadro econômico da sociedade.
- f. a legislação regulamentadora e/ou as normas sociais e/ou as regras da funcionalidade”

[...]

O partido arquitetônico também compreende a análise da estratégia de implementação, a distribuição do programa, as relações de espaço, o estilo, a estética, dentre outros temas (BISELLI, 2011)

A concepção trata-se então do momento de criação em que são aplicados os desejos dos clientes, as exigências legais, premissas de projeto, representando o primeiro contato do cliente com o produto final.

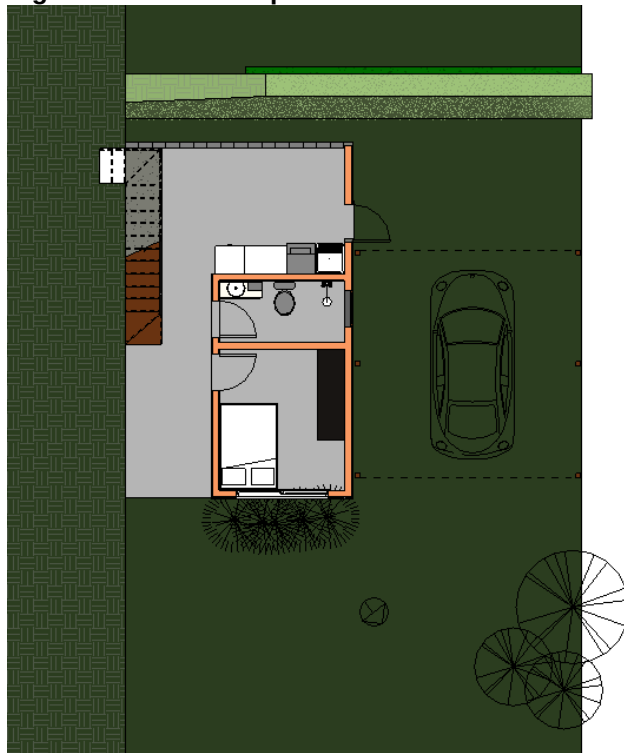
Esta concepção faz parte da etapa de Anteprojeto e normalmente representa o primeiro projeto a ser usado como referência para a execução dos demais subsistemas, como estrutural, elétrico, hidráulico.

Dessa forma, alguns aspectos do partido arquitetônico foram determinados pelas demandas do cliente:

- mínimo de 2 dormitórios
- sala e cozinha no mesmo pavimento e próximas
- espaço para estacionamento dos carros
- área de serviço coberta e protegida lateralmente
- aspecto rústico da construção, semelhante às já existentes

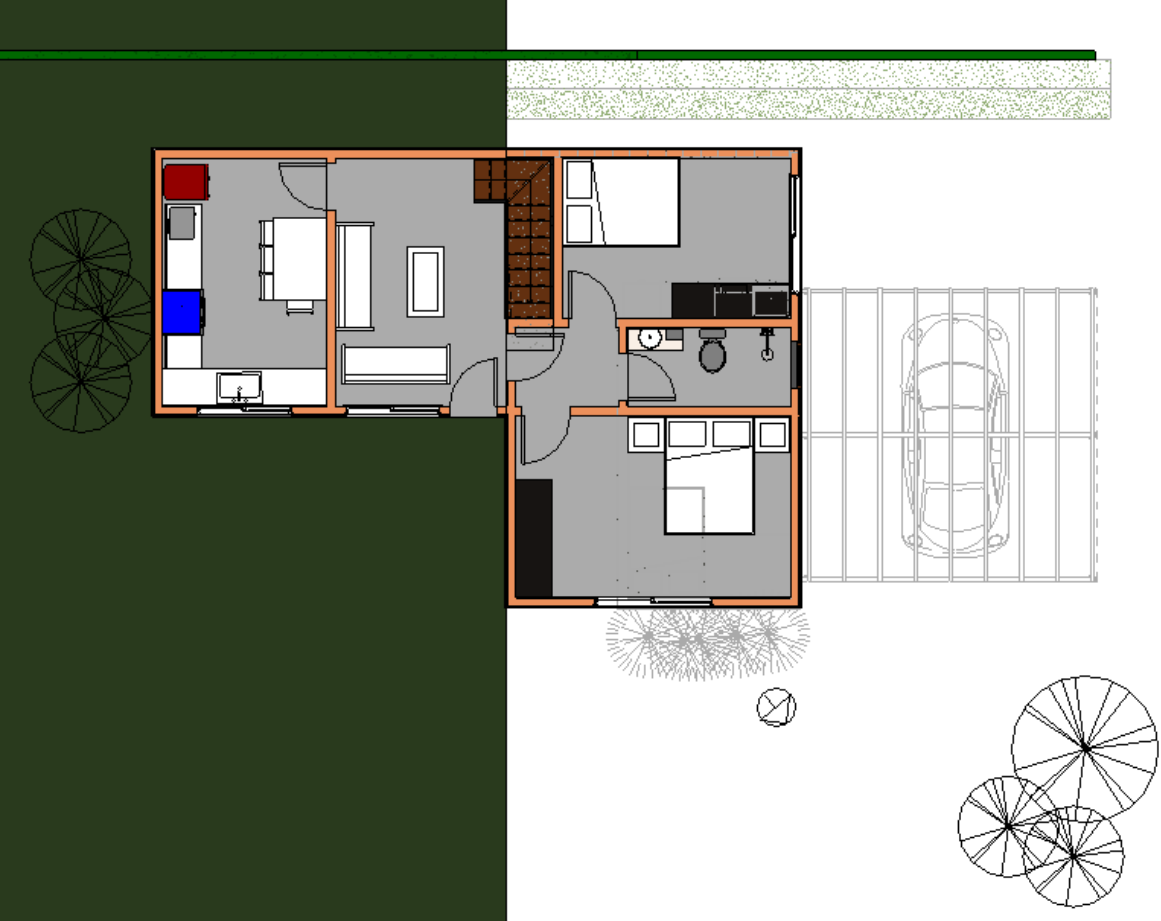
Partindo das premissas do projeto, foi criada a disposição dos ambientes e a edificação apresentada a seguir e detalhada nos próximos tópicos.

Figura 12: Planta do pavimento inferior



fonte: elaborada pela autora

Figura 13: Planta do pavimento superior



fonte: elaborada pela autora

As áreas dos ambientes determinados atendem às dimensões mínimas estipulados no Código Sanitário mencionado anteriormente, conforme tabela 7.

Tabela 7: Áreas dos ambientes		
Pavimento	Ambiente	Área
superior	Cozinha	12 m ²
superior	Sala	12 m ²
superior	Hall distribuição	2 m ²
superior	Dormitório 1	14 m ²
superior	Dormitório 2	11 m ²
ambos	Banheiro	4m ²
inferior	Dormitório 3	9 m ²
inferior	Corredor inferior	9m ²
inferior	Lavanderia	13 m ²
inferior	Garagem	25 m ²

fonte: elaborada pela autora

Por estar localizado no Hemisfério Sul, a orientação Norte recebe maior incidência de radiação solar. Por recomendações arquitetônicas idealmente os quartos deveriam ser posicionados com fachadas voltadas para a orientação Nordeste, de forma a receber o calor da manhã. Banheiros, cozinhas e áreas de serviço, cujas

exigências de conforto térmico são mais reduzidas e a ocupação é menor, podem apresentar fachada Sul. No caso do projeto elaborado, a fachada principal possui orientação Nordeste. Com base nessas definições, procurou-se adequar a disposição dos espaços de forma que todos os principais ambientes apresentassem aberturas para a fachada principal.

A perspectiva 3D da figura 14 oferece boa visibilidade da edificação projetada

Figura 14: Modelo 3D da construção



fonte: elaborada pela autora

5.5.1 Garagem

Como a atual garagem existente dará espaço para a construção da casa, fez-se necessário incluir no programa de ambientes um espaço destinado aos carros, posicionado no recuo frontal do terreno de 5m exigido pela legislação e com capacidade para dois carros. A estrutura da garagem será composta de pergolados de madeira cobertos com placas de policarbonato, fornecendo menor impacto visual para a estética da construção e o aspecto rústico solicitado pelos clientes, conforme observado na figura 14.

Na foto 7 é possível verificar a existência de desnível entre a entrada do terreno (portão) e a localização do 2º pavimento da construção (atual garagem), que é vencido por uma rampa. Dessa forma, para garantir o acesso dos carros à nova garagem é necessário executar abertura lateral na rampa existente, de forma a criar uma saída para que o novo fluxo dos carros ocorra de forma paralela a atual.

Foto 7: Rampa de entrada da Chácara. Vista a partir da garagem.

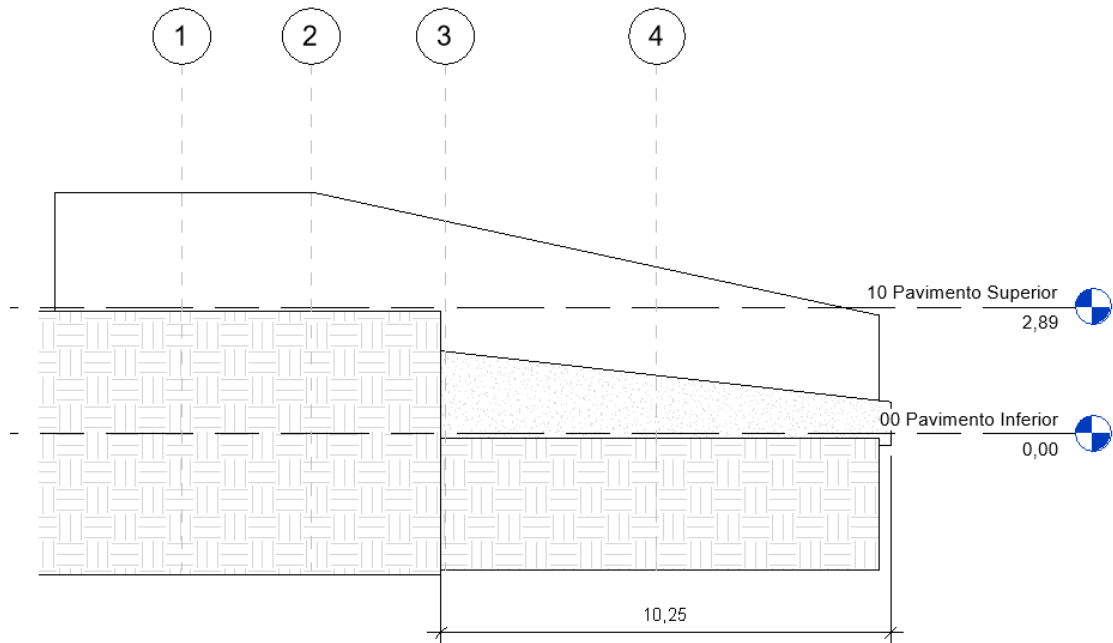


fonte: elaborada pela autora

5.5.2 Divisa lateral terreno

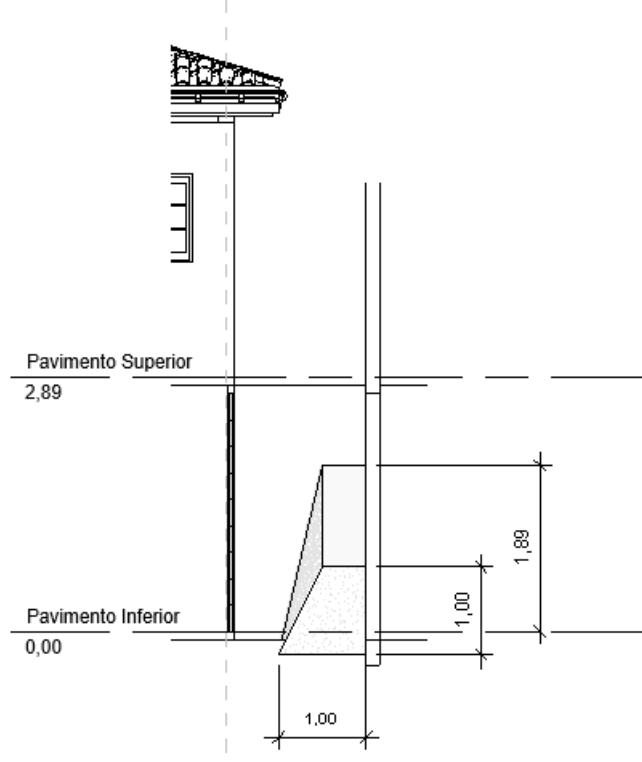
Atualmente existe um muro que faz divisa lateral do terreno, construído de forma a acompanhar o declive natural da área do pomar. Devido à necessidade de corte de terra para garantir o pé direito do pavimento inferior, será necessário executar uma obra de contenção para garantir a estabilidade da estrutura. Uma solução considerada foi adotar um talude na base do muro que deverá ser executado no recuo lateral de 1,5m exigido pela legislação. A aplicabilidade do talude deverá ser verificada após a execução de ensaios que permitam a classificação do solo e determinação do coeficiente de atrito.

Figura 15: Vista frontal do talude executado



fonte: elaborada pela autora

Figura 16: Vista lateral do talude executado



fonte: elaborada pela autora

5.5.3 Pavimento inferior

Com o intuito de evitar problemas de umidade nas alvenarias, o pavimento inferior foi planejado de forma que os ambientes fossem descolados do muro de arrimo existente. Este descolamento gerou um largo corredor que pode ser usado para posicionar a escada de acesso, assim como ambiente de permanência da família, mobiliado com bancos e poltronas. Para fornecer maior conexão da construção com o terreno foi decidido por manter o novo ambiente de permanência aberto ao exterior, sem alvenaria de vedação. Essa definição como consequência gera impasses para a segurança da residência, uma vez que a escada de acesso ao pavimento superior localiza-se neste ambiente. A solução encontrada foi a implantação de portão para controle de acesso que garanta a manutenção da permeabilidade visual e represente baixo impacto estético para a construção, semelhante ao da foto 9.

Foto 8: Referência de modelo de portão para pavimento inferior

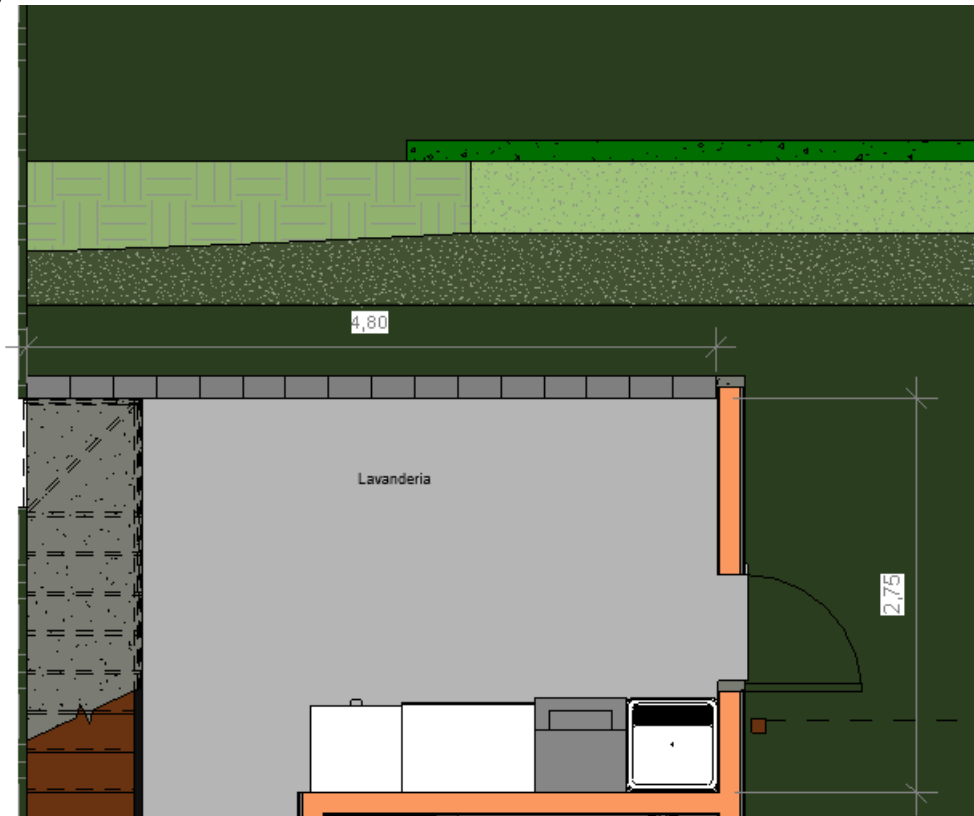


fonte: Google maps

5.5.4 Lavanderia

A lavanderia localiza-se ao fundo do pavimento inferior e possui acesso direto pela garagem. O posicionamento dos equipamentos que envolvem consumo de água deverá ocorrer na parede de divisa com o banheiro, de forma a criar uma “parede hidráulica”.

Figura 17: Planta da Lavanderia



fonte: elaborada pela autora

O fechamento posterior do ambiente é feito através de estruturas vazadas pré-moldadas, popularmente conhecidas como “cobogós”. Este material mantém permeabilidade visual, permite entrada de luz e serve também como elemento decorativo e estético conforme foto 8. Dessa forma, o corredor lateral formado pelo talude e muro ficam disfarçados pelo elemento vazado.

Foto 9: Referência parede de cobogós



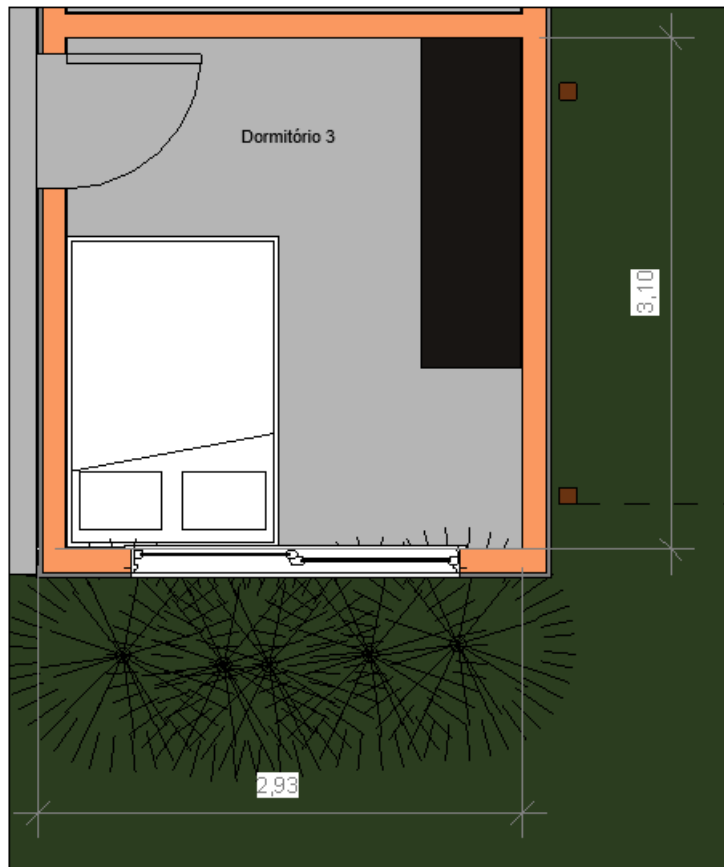
fonte: Google imagens

A abertura prevista na fachada principal do pavimento inferior em conjunto com os cobogós presentes na arquitetura fornecem fluxo de ventilação cruzada que garante troca de ar adequada ao uso do ambiente. Para maior adaptabilidade do espaço da lavanderia, está prevista também a instalação de varais para roupas no espaço em frente à garagem.

5.5.5 Dormitórios

Durante entrevistas com os proprietários, foi expresso o desejo por uma construção com no mínimo 2 dormitórios. No entanto, com a dimensão final da casa foi decidido aproveitar o espaço para incluir um novo dormitório, de dimensões menores, conforme figura 18, com abertura para a fachada principal e localizado no pavimento inferior. Este ambiente fornece à construção a capacidade de se adaptar à condição de outras famílias futuramente ou até mesmo a outros usos para a casa, no caso da transformação do dormitório em sala.

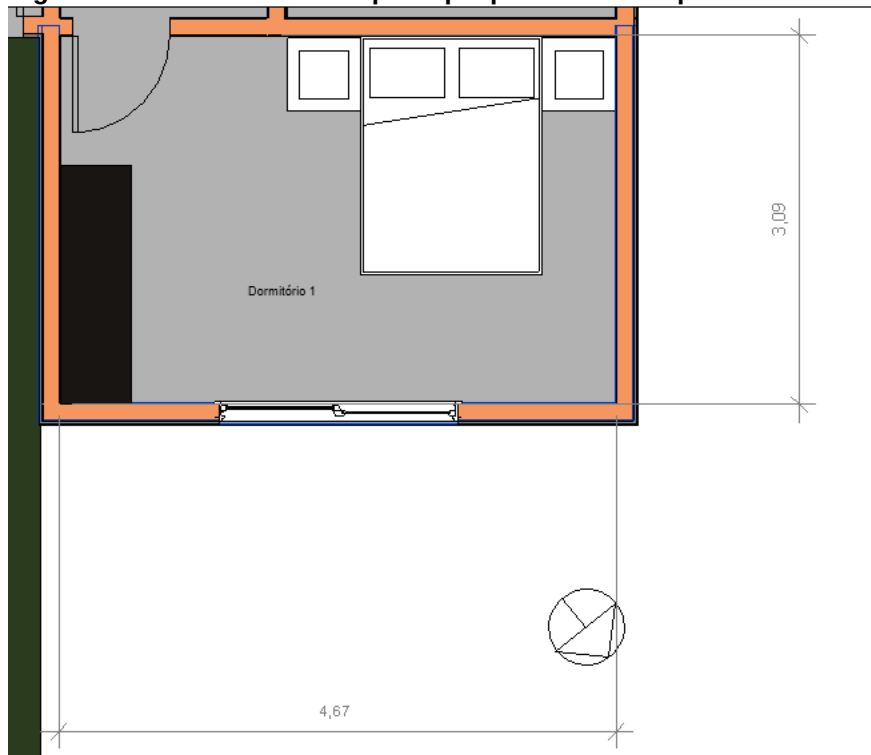
Figura 18: Planta dormitório pavimento inferior



fonte: elaborada pela autora

O Dormitório superior principal apresenta área útil de 14m² conforme figura 19, sendo suficiente para garantir conforto para o casal. Possui abertura orientada para a direção Nordeste, apresentando posicionamento adequado para a insolação.

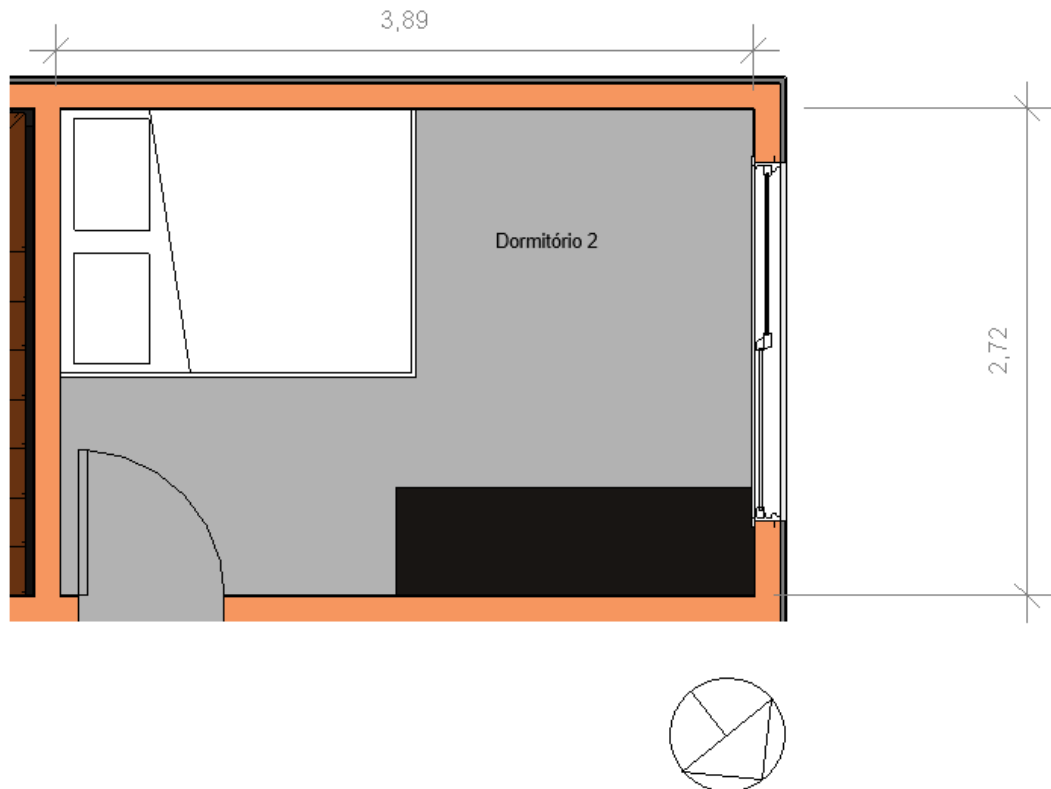
Figura 19: Planta dormitório principal pavimento sueperior



fonte: elaborada pela autora

Apesar da tentativa de posicionar todos os ambientes com adequada insolação para evitar problemas de conforto térmico e iluminação, ao posicionar os dormitórios do pavimento superior, o menor deles foi localizado no fundo da casa. A solução encontrada foi garantir abertura com orientação Noroeste de forma a receber os raios solares do período da tarde. No entanto, este posicionamento pode ocasionar elevadas temperaturas e afetar o conforto térmico de forma inversa ao atual. Este risco será amenizado pela existência, ao longo do limite frontal do terreno, de árvores altas e folhosas, assim como pelo posicionamento dos beirais do telhado, deslocados 0,5m da superfície da alvenaria, ambos atuando como filtro e barreira à excessiva incidência de raios solares.

Figura 20: Planta dormitório 2 do pavimento superior



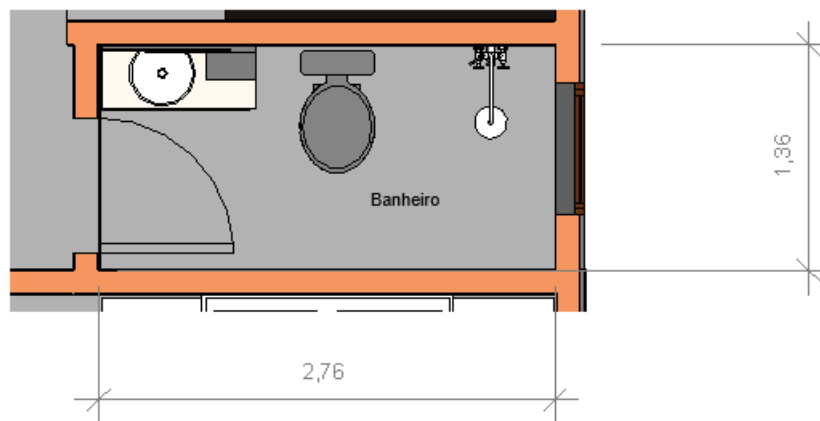
fonte: elaborada pela autora

5.5.6 Banheiros

No projeto arquitetônico foram criados 2 banheiros completos (bacia sanitária, chuveiro e lavatório) posicionados verticalmente devido às facilidades de construção do projeto de sistemas prediais. Para garantir iluminação e ventilação, as janelas dos banheiros serão basculantes, com 1,4m de altura e peitoril a aproximadamente 1,1m da laje, com o vidro inferior fosco para garantir a privacidade do ambiente. Além disso, os equipamentos dos banheiros deverão ser localizados na mesma parede com o intuito de criar uma parede hidráulica, que consiste no posicionamento de todas as tubulações na mesma alvenaria. Esse método permite economia na compra de tubulações uma vez que é necessário menor quantidade para o transporte da água.

Como método construtivo, será analisada a possibilidade de instalação de kits de parede hidráulica, que consistem em estruturas pré-prontas para compor o projeto hidráulico, localizadas no exterior da alvenaria, fechadas com placas parafusadas, que permitem fácil acesso à tubulação no caso de necessidade de reformas ou verificações. Na foto 10 está identificado um modelo de kit de parede hidráulico.

Figura 21: Planta do banheiro



fonte: elaborada pela autora

Foto 100: Modelo de kit hidráulico para banheiro

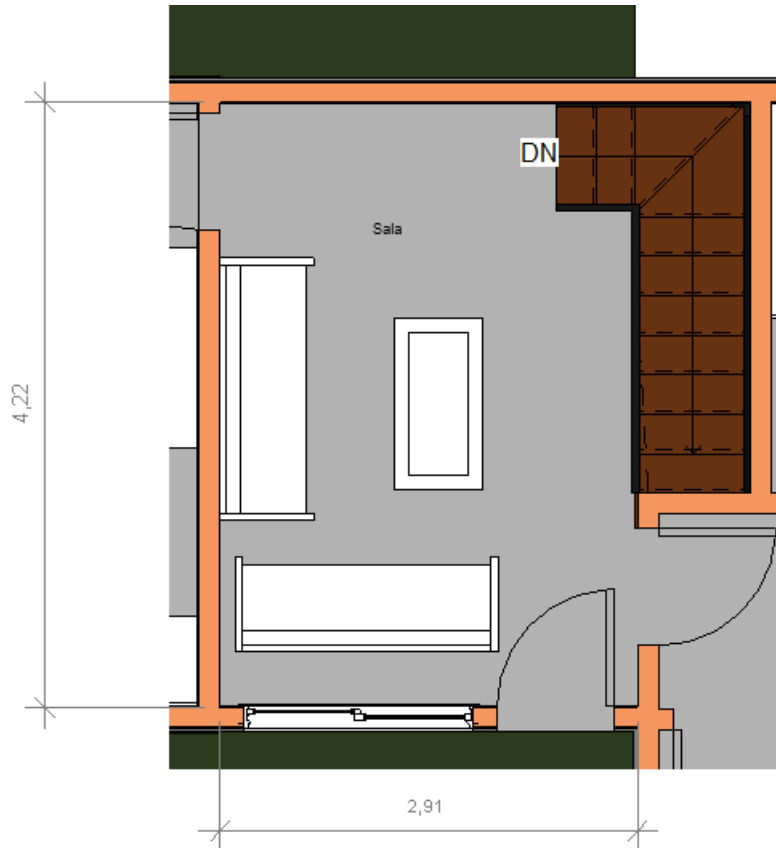


fonte: Reforma Fácil

5.5.7 Sala

O acesso principal à casa deverá ocorrer pela sala, apresentando abertura para a fachada Nordeste e onde está localizada a escada para o pavimento inferior. Possui acesso à cozinha e ao hall de distribuição dos quartos.

Figura 22: Planta sala

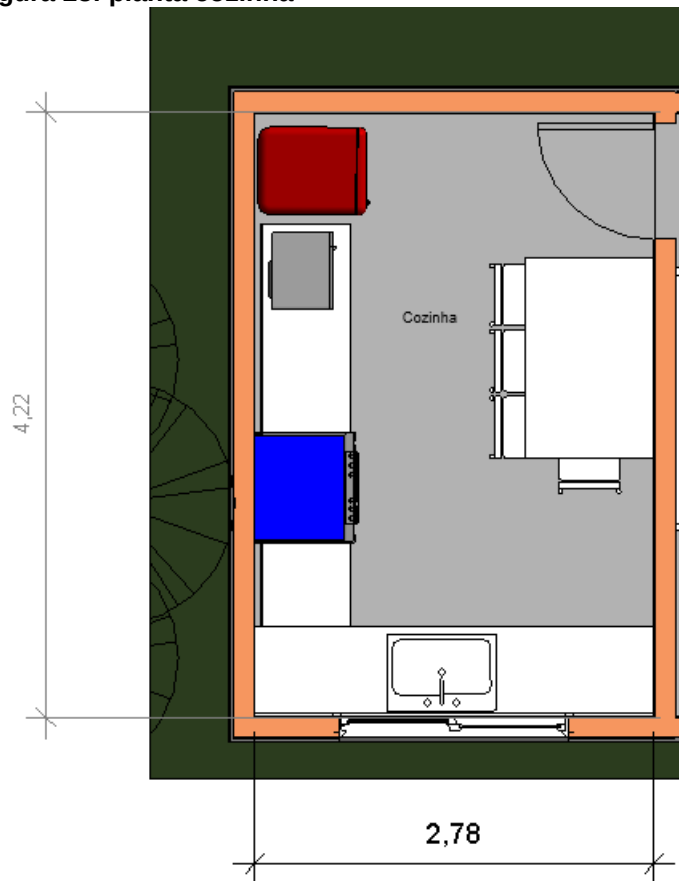


fonte: elaborada pela autora

5.5.8 Cozinha

Por determinação dos proprietários, a sala e a cozinha não serão interligadas. Dessa forma, devido à disponibilidade de espaço na sala, a mesa de jantar deverá ser posicionada na cozinha. A abertura da cozinha também ocorre na fachada Nordeste.

Figura 23: planta cozinha



fonte: elaborada pela autora

5.5.9 Cobertura

Com o intuito de seguir o padrão estético atual das construções do terreno, foi determinado que a cobertura da residência será executada com o formato de telhado, com caimento em 2 águas e coberto por telhas cerâmicas.

Uma forma possível para conquistar o efeito rústico desejado pelos clientes é a implantação de cobertura inclinada visível internamente pelos moradores, com estrutura de madeira ao longo de todo o pavimento superior e forro de lambris. No entanto, considerando a densa vegetação e a presença de animais no terreno, como aranhas e lagartixas por exemplo, esse tipo de cobertura representa maior dificuldade na manutenção e limpeza, uma vez que o pé direito se torna menos acessível devido à altura. Sendo assim, foi definido que a laje de forro seria posicionada ao longo de todo o pavimento, recebendo também as cargas da caixa d'água.

O pavimento inferior deverá receber forro rebaixado apenas no ambiente do banheiro para cobrir a tubulação, enquanto nos outros ambientes a laje do pavimento superior servirá como forro, recebendo tratamento estético.

5.5.10 Revestimentos

Os revestimentos sugeridos no projeto foram definidos com base nos desejos dos clientes, considerando a facilidade de execução, os efeitos estéticos na obra e a manutenção posterior pelos moradores.

Para vedação e separação dos ambientes foram considerados blocos cerâmicos de dimensões 14 x 19 x 39 devido ao conforto térmico oferecido e às dimensões de vigas e pilares propostos.

Cada ambiente deverá receber revestimentos adequados ao uso. Durante as definições foram consideradas a padronização dos revestimentos e dos materiais de construção de forma que todos os ambientes molhados receberam o mesmo revestimento, assim como os ambientes secos. A listagem de revestimentos verticais e horizontais pode ser encontrada na tabela 8 e 9, respectivamente.

Tabela 8: Revestimentos verticais

Pavimento	Ambiente	Revestimento vertical					
		Material	espessura (cm)	Material	espessura (cm)	Material	espessura (cm)
todos	Fachada exterior	Chapisco Argamassa	0,4	Reboco Argamassa	2,5	Argamassa Monocapa branca c	0,6
inferior	Lavanderia	Argamassa colante	0,3	Azulejo Portobello Antartida	0,6	-	-
inferior	Banheiro	Argamassa colante	0,3	Azulejo Portobello Antartida	0,6	-	-
inferior	Dormitório	Gesso liso	0,5	-	-	-	-
inferior	Corredor	Chapisco Argamassa	0,4	Reboco Argamassa	2,5	Argamassa Monocapa branca c	0,6
superior	Dormitório 1	Gesso liso	0,5	-	-	-	-
superior	Dormitório 2	Gesso liso	0,5	-	-	-	-
superior	Banheiro	Argamassa colante	0,3	Azulejo Portobello Antartida	0,6	-	-
superior	Sala	Gesso liso	0,5	-	-	-	-
superior	Cozinha	Argamassa colante	0,3	Azulejo Portobello Antartida	0,6	-	-
superior	Hall distribuição	Gesso liso	0,5	-	-	-	-

fonte: elaborada pela autora

Para os revestimentos horizontais foram consideradas lajes de mesmas alturas para todos os ambientes (12 cm para o pavimento superior, 18 cm para o inferior) sendo as diferenças de níveis desejadas entre ambientes molhados e secos executada por diferenças na altura do contrapiso.

Tabela 9: Revestimentos horizontais

Pavimento	Ambiente	Revestimento horizontal					
		Material	espessura (cm)	Material	espessura (cm)	Material	espessura (cm)
cobertura	Fachada exterior	Telha Cerâmica francesa	15	Madeira Ripas	2,5	Madeira Calbros	6
inferior	Lavanderia	contrapiso	2	Argamassa colante	0,3	Porcelanato Portobello City Cement Cinza	1,1
inferior	Banheiro	contrapiso	2	Argamassa colante	0,3	Porcelanato Portobello City Cement Cinza	1,1
inferior	Domitório	contrapiso	3	Argamassa colante	0,3	Porcelanato Portobello City Cement Cinza	1,1
inferior	Corredor	contrapiso	2	Argamassa colante	0,3	Porcelanato Portobello City Cement Cinza	1,1
superior	Dormitório 1	contrapiso	3	Argamassa colante	0,3	Porcelanato Portobello City Cement Cinza	1,1
superior	Dormitório 2	contrapiso	3	Argamassa colante	0,3	Porcelanato Portobello City Cement Cinza	1,1
superior	Banheiro	contrapiso	2	Argamassa colante	0,3	Porcelanato Portobello City Cement Cinza	1,1
superior	Sala	contrapiso	3	Argamassa colante	0,3	Porcelanato Portobello City Cement Cinza	1,1
superior	Cozinha	contrapiso	2	Argamassa colante	0,3	Porcelanato Portobello City Cement Cinza	1,1
superior	Hall distribuição	contrapiso	3	Argamassa colante	0,3	Porcelanato Portobello City Cement Cinza	1,1

fonte: elaborada pela autora

5.6 Projeto Estrutural

Um projeto de estruturas deve garantir atendimento aos requisitos mínimos de qualidade durante a construção e o uso, tais como a segurança contra a ruptura, o desempenho em uso e a durabilidade frente às influências previstas no projeto (NBR 6118, 2003).

5.6.1 Concepção estrutural

Alvenaria Estrutural

A construção com alvenaria estrutural com blocos cerâmicos é regida pela norma NBR 15.812/2010. Trata-se de um método construtivo tradicional em que as cargas da estrutura são suportadas pelas próprias paredes, que transmitem os esforços pelo contato entre os blocos estruturais, podendo ser de concreto, cerâmica ou sílico-calcário e atuando também como sistema de vedação. Estas peças são manuseáveis e unidas por meio de argamassa que torna o conjunto monolítico. Para sua adequada aplicação, é necessário garantir a modulação de todas as dimensões do projeto arquitetônico de acordo com as medidas dos blocos disponíveis, uma vez que neste modelo não é permitido executar cortes.

Dentre os benefícios oferecidos pela aplicação da alvenaria estrutural está a menor diversidade de materiais e mão de obra envolvidos na construção, fornecendo menor complexidade para a obra; menor desperdício de materiais; facilidade de integração com outros subsistemas; economia no uso de madeiramento, ferragens, concreto; grande organização do canteiro de obras e processo de produção. Além disso, o uso de alvenaria estrutural pode apresentar redução do custo final da construção da ordem de 15% no caso de obras de mesmo nível organizacional, devido à menor quantidade de entulho gerado, à agilidade na construção e planejamento prévio (Franco). No entanto, estes benefícios somente são atingidos através de um processo construtivo racionalizado, mão de obra treinada, materiais de qualidade e projetos bem elaborados com grande integração entre o planejamento arquitetônico e o estrutural.

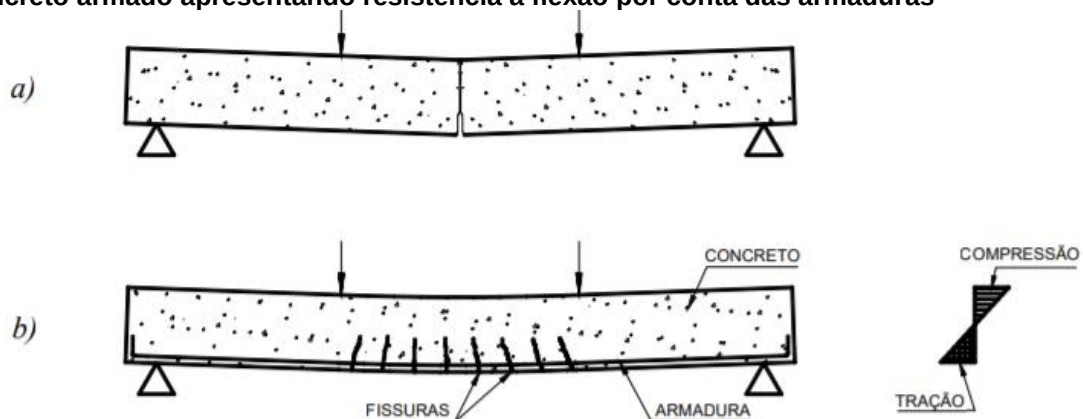
Os prejuízos do uso da alvenaria estrutural estão relacionados principalmente às restrições aplicadas à arquitetura para flexibilização e mudança de destinação da construção, além da limitação de vãos livres. Para seu uso é necessário mão de obra treinada que garanta a correta execução dos projetos, com blocos apresentando alinhamento adequado, uma vez que erros de prumo significam prejuízos à capacidade portante da estrutura.

Concreto Armado

O concreto é um material composto de agregados (pedra e areia), cimento e água no qual podem ser adicionados aditivos para melhorar sua trabalhabilidade de acordo com a aplicação. É empregado nas mais variadas estruturas devido à sua facilidade de produção e plasticidade. Apesar de apresentar boa durabilidade e alta resistência às tensões de compressão, possui baixa resistência à tração. Assim sendo, é necessário unir o concreto a um material com alta resistência à tração, como as armaduras de aço, por exemplo, formando um composto denominado concreto armado, no qual as armaduras resistem às tensões de tração enquanto o concreto resiste à compressão. Estas armaduras consistem em barras de aço de seção circular que podem ser passivas, apresentando reações apenas quando a estrutura é carregada, ou ativas, as quais são tracionadas antes de serem submetidas aos carregamentos da estrutura, formando o concreto armado protendido.

Para o adequado funcionamento da estrutura, é necessário que ocorra o fenômeno da aderência entre os materiais, influenciado pela superfície da barra, que pode ser lisa ou com entalhos e garantindo que ambos resistam solidariamente aos esforços. As armaduras devem ser posicionadas principalmente nas seções de esforços de tração para que no momento em que as solicitações ultrapassam a capacidade de resistência do concreto, a armadura auxilie e impeça a ruptura da estrutura, conforme figura 24. As armaduras também podem ser posicionadas em regiões de compressão com o intuito de aumentar a resistência, como é o caso de pilares, por exemplo.

Figura 24: a) elemento de concreto simples apresentando ruptura com abertura de fissura; b) concreto armado apresentando resistência à flexão por conta das armaduras



fonte: Notas de Aula Fundamentos de Concreto Armado, 2006. Disciplina 1288 – Estruturas de Concreto I, UNESP Bauru. Disponível em <http://coral.ufsm.br/decc/ECC1006/Downloads/FUNDAMENTOS.pdf>

Estrutura adotada

Na obra em questão, inicialmente foi prevista a aplicação de alvenaria estrutural principalmente devido ao menor custo do método construtivo frente às estruturas de concreto armado. No entanto, após a modelação da arquitetura da habitação, percebeu-se a necessidade de abertura de grandes vãos no pavimento inferior, incompatíveis com as possibilidades da alvenaria estrutural. Dessa forma, mostrou-se necessária a aplicação de uma estrutura mista, envolvendo paredes de alvenaria estrutural e vigas e pilares de concreto armado, reduzindo os benefícios econômicos de uma estrutura inteiramente composta de alvenaria estrutural.

Após conversas com os clientes e especialistas de engenharia estrutural, não foi recomendado executar esta mistura apesar de os materiais apresentarem adequado comportamento estrutural em conjunto. Essa decisão decorreu da premissa de que os pilares e vigas de concreto armado visíveis podem ocasionar a falsa impressão de a estrutura ser formada inteiramente de concreto armado, representando um risco para o equilíbrio do conjunto na possibilidade de futuros proprietários realizarem reformas e aberturas indevidas.

Pelos motivos supracitados, a solução estrutural adotada foi o concreto armado, dimensionado de acordo com as normas relevantes e desenvolvido no software de estruturas TQS.

5.6.2 Classe de agressividade ambiental e cobrimento armadura

As estruturas de concreto armado devem apresentar uma camada de proteção para as armaduras denominada cobrimento, que impede a oxidação e deterioração do aço no caso de abertura de fissuras no concreto. Para garantir o cobrimento mínimo necessário, a NBR 6118 determina que deve ser considerado o cobrimento nominal, que consiste na adição de uma tolerância de execução de 10mm ao cobrimento mínimo. A dimensão desta camada protetora, assim como a resistência mínima do seu material, é determinada de acordo com os agentes abrasivos do local em que a estrutura está implantada, denominada classe de agressividade ambiental. De acordo com a tabela 10, o ambiente da região de localização deve ser classificado como agressividade moderada, de classe II, por tratar-se de região urbana e com pequeno índice de deterioração da estrutura.

Tabela 10: Classe de agressividade ambiental

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fracá	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{a, b}	Pequeno
III	Forte	Marinha ^a	Grande
		Industrial ^{a, b}	
IV	Muito forte	Industrial ^{a, c}	Elevado
		Respingos de maré	

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

fonte: tabela 6.1, NBR 6118 – Projetos de Estruturas de Concreto – Procedimentos, ABNT,2004

Dessa forma, da tabela 11 determina-se que o concreto para a estrutura deve ser no mínimo da classe C25, com um traço que forneça relação água/cimento menor do que 0,6.

Tabela 11: Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto

Concreto ^a	Tipo ^{b, c}	Classe de agressividade (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40

^a O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655.

^b CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.

^c CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

fonte: tabela 7.1., NBR 6118 – Projetos de Estruturas de Concreto – Procedimentos, ABNT,2004

Estas informações foram aplicadas na tabela 12 e foi verificado que os cobrimentos nominais mínimos devem ser:

- lajes: 25 mm
- vigas e pilares: 30 mm
- trecho pilares em contato com solo: 45 mm
- vigas baldrame e fundações: 30 mm

Tabela 12: Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ^c
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ^b	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo ^d	30		40	50
Concreto protendido ^a	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

^a Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.

^b Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.

^c Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.

^d No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

fonte: tabela 7.2 NBR 6118 – Projetos de Estruturas de Concreto – Procedimentos, ABNT, 2004

5.6.3 Materiais estruturais adotados

Aqui serão especificadas as características do concreto e das armaduras de aço definidos neste projeto estrutural.

Concreto

Conforme tabela 11, foi exigido o uso de concreto de classe $\geq C25$, que determina resistência característica à compressão mínima do concreto, $f_{ck} \geq 25$ MPa.

Para a análise estrutural deste projeto, a massa específica adotada para o concreto foi de $\rho_c = 2500$ kg/m³ e o coeficiente de dilatação térmica $10^{-5} / ^\circ\text{C}$, conforme determinações da NBR 6118.

Na situação de falta de ensaios para a obtenção da resistência à tração do concreto, a mesma pode ser determinada pelas equações da NBR 6118 abaixo, das quais adotando $f_{ck} = 25$ MPa, tem-se:

$$f_{ct,m} = 0,3 f_{ck}^{2/3} = 2,56 \text{ MPa} \quad (1)$$

$$f_{ctk,inf} = 0,7 f_{ct,m} = 1,8 \text{ MPa} \quad (2)$$

$$f_{ctk,sup} = 1,3 f_{ct,m} = 3,33 \text{ MPa} \quad (3)$$

onde:

f_{ck} – resistência característica à compressão do concreto, dado em MPa

$f_{ct,m}$ – resistência média do concreto à tração, dado em MPa

$f_{ctk,inf}$ – resistência do concreto à tração na flexão

$f_{ctk,sup}$ – resistência do concreto à tração indireta

O módulo de elasticidade (E_{ci}) e o módulo de deformação secante (E_{cs}) são estimados na tabela 13 extraída da norma NBR6118, definidos em função da classe do concreto. Para C25, pode-se aplicar no projeto estrutural $E_{ci} = 28$ GPa e $E_{cs} = 24$ GPa.

Tabela 13: Módulo de elasticidade do concreto de acordo com a classe

Classe de resistência	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C60	C70	C80	C90
E_{ci} (GPa)	25	28	31	33	35	38	40	42	43	45	47
E_{cs} (GPa)	21	24	27	29	32	34	37	40	42	45	47
α_i	0,85	0,86	0,88	0,89	0,90	0,91	0,93	0,95	0,98	1,00	1,00

fonte: tabela 8.1, NBR 6118 – Projetos de Estruturas de Concreto – Procedimentos, ABNT,2004

Para o coeficiente de Poisson, a NBR 6118 determina:

[NBR 6118 – ABNT,2014]

[...]

Para tensões de compressão menores que $0,5 f_c$ e tensões de tração menores que f_{ct} , o coeficiente de Poisson ν pode ser tomado como igual a 0,2 e o módulo de elasticidade transversal $G_c = E_{cs}/2,4$.

[...]

Dessa forma, adota-se $\nu = 0,2$ e $G_c = 10$.

Armaduras de aço

A norma NBR 7480 determina as especificações do aço destinado às armaduras do concreto armado. Neste projeto foram adotados aço CA50 e CA60. Dessa forma, as resistências características de escoamento são $f_{yk} = 500$ MPa e $f_{yk} = 600$ MPa respectivamente.

A massa específica do aço da armadura passiva foi adotada de acordo com a NBR 6118, $\rho_c = 7850$ kg/m³, assim como o coeficiente de dilatação térmica de $10^{-5}/^{\circ}\text{C}$.

O módulo de elasticidade do aço admitido é igual a $E_s = 210$ GPa.

5.6.4 Estados Limites

Com diretrizes de dimensionamento definidas nas normas NBR6118, NBR 6120 e NBR 8681, foi determinado que para garantir um projeto estrutural de qualidade é necessário que a edificação apresente adequado comportamento frente aos estados limites, considerando as ações aplicadas nela assim como suas possíveis combinações.

Os estados limites são classificados em últimos e de serviços, definidos de acordo com as normas NBR 8681 e NBR 6118 como:

- Estado limite último (ELU): condição determinante de paralisação total ou parcial do uso da estrutura devido à ruína.
- Estado limite de serviço (ELS): condição que causa efeitos estruturais que não respeitam a condição de uso da construção e podem representar indícios de comprometimento da estrutura. Podem ser classificadas de acordo com sua consequência, como formação de fissuras, abertura de fissuras, deformação excessiva, vibração excessiva, descompressão parcial ou normal e compressão excessiva.

Dessa forma, neste trabalho a segurança será verificada pelo atendimento aos Estados Limites definidos para a estrutura, através das definições do método semi-probabilístico caracterizado pela majoração das cargas aplicadas e minoração das resistências dos materiais considerados.

Estado Limite Último - ELU

De acordo com a norma NBR 8681, os estados limites últimos usualmente considerados no projeto são:

[NBR 8681 – ABNT,2003]

[...]

- a) Perda de equilíbrio, global ou parcial, admitida a estrutura como um corpo rígido
- b) Ruptura ou deformação plástica excessiva dos materiais
- c) Transformação da estrutura, no todo ou em parte, em sistema hipostático
- d) Instabilidade por deformação
- e) Instabilidade dinâmica

Estado Limite de Serviço - ELS

De acordo com a norma NBR 8681, os estados limites de serviço usualmente considerados no projeto são:

[NBR 8681 – ABNT,2003]

[...]

- a) Danos ligeiros ou localizados que comprometam o aspecto estético da construção ou durabilidade da estrutura
- b) Deformações excessivas que afetem a utilização normal da construção ou seu aspecto estético
- c) Vibração excessiva ou desconfortável

5.6.5 Coeficientes de cálculo

A capacidade de resistência de uma estrutura é determinada pelo seu material e dimensões, enquanto a solicitação varia de acordo com as cargas aplicadas e suas combinações e efeitos. Dessa forma, a segurança é comprometida quando a carga de esforços externos a que uma estrutura é submetida é maior do que sua capacidade de resistir.

Coeficientes de minoração das resistências

A resistência característica de um material é denominado f_k e consiste na resistência que apresenta apenas 5% de probabilidade de não ser atingida em um lote do material, no sentido desfavorável à segurança (NBR 6118, 2014). De acordo com a análise dos estados limites trabalhando a favor da segurança, f_k deve ser minorado por um coeficiente de ponderação das resistências denominado γ_m . A resistência de cálculo denominada f_d e usada no dimensionamento, é dada pela expressão:

$$f_d = f_k / \gamma_m \quad (4)$$

Para a análise do Estado Limite Último de estruturas de concreto armado os coeficientes de γ_m são determinados na tabela 14

Tabela 14: Coeficientes de minoração de resistências

Combinações	Concreto γ_c	Aço γ_s
Normais	1,4	1,15
Especiais ou de construção	1,2	1,15
Excepcionais	1,2	1,0

Conforme tabela 14, o coeficiente de minoração de resistências do concreto para combinações normais é 1,4 e para o aço da armadura 1,15.

As resistências de cálculo para o concreto (índice “c”) e para o aço (índice “y”) são determinadas pelas equações 5 e 6.

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c = f_{ck} / 1,4 \quad (5)$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = f_{yk} / 1,15 \quad (6)$$

Para o Estado Limite Último (ELU) considerando C25, CA50 e CA60, tem-se

$$f_{cd} = 2,5 / 1,4 = 1,79 \text{ kN/cm}^3$$

$$f_{yd} = 50 / 1,15 = 43,5 \text{ kN/cm}^3, \text{ para CA50}$$

$$f_{yd} = 60 / 1,15 = 52,2 \text{ kN/cm}^3, \text{ para CA60}$$

A norma NBR 6118 determina para a análise do Estado Limite de Serviço (ELS) de estruturas de concreto armado:

[NBR 6118, ABNT 2003]

[...]

Os limites estabelecidos para os estados limites de serviço (ver seções 17, 19 e 23) não necessitam de minoração, portanto, $\gamma_m = 1,0$.

Portando, para ELS considerando C25, CA50 e CA60, tem-se

$$f_{cd} = 2,5 \text{ kN/cm}^3$$

$$f_{yd} = 50 \text{ kN/cm}^3, \text{ para CA50}$$

$$f_{yd} = 60 \text{ kN/cm}^3, \text{ para CA60}$$

Ações

A norma NBR 6118 define que devem ser consideradas no dimensionamento estrutural as influências das ações que possam produzir efeitos significativos para a segurança da edificação. Estas ações podem ser classificadas como:

- (I) Permanentes: são ações cujos efeitos são praticamente constantes durante toda a vida útil da construção e devem ser consideradas com seus valores mais desfavoráveis. São classificadas como diretas (peso próprio da estrutura e elementos permanentes e empuxos não removíveis) e indiretas (retração e fluência do concreto, protensão, imperfeições geométricas e deslocamentos dos apoios)
- (II) Variáveis: são cargas acidentais das construções que devem ser aplicadas na análise estrutural de acordo com sua probabilidade de ocorrência. As classificadas como diretas possuem probabilidade de ocorrência suficientemente grande e devem ser consideradas no projeto estrutural, tais como as cargas para o uso da construção, ação do vento e da água. As indiretas consistem nas variações devido à temperatura e ações dinâmicas a serem consideradas de acordo com as solicitações a que a estrutura será submetida.
- (III) Excepcionais: situações excepcionais de carregamento, tais como explosões, enchentes, incêndios, ações sísmicas, que devem ser consideradas para estruturas que estejam sujeitas e cujos efeitos não possam ser controlados por outros meios. São definidos de acordo com cada caso particular em normas específicas.

Os valores das cargas permanentes e acidentais (variáveis) são especificados na NBR 6120 e serão detalhados na seção em 5.6.6.

Coeficientes de ponderação das ações

As ações classificadas na seção anterior apresentam valores representativos que podem ser: seus valores característicos, valores arbitrados para ações excepcionais ou reduzidos devido às possibilidades de combinações entre elas, de forma a gerar esforços ainda mais desfavoráveis à estrutura.

De acordo com a NBR 6118, para as verificações de ELU, os valores reduzidos são determinados pela expressão $\psi_0 * F_k$

Para as verificações de ELS, os valores reduzidos das ações são determinados pela expressão:

$\Psi_1 * F_k$ para valores frequentes de uma ação que acompanha a principal

$\Psi_2 * F_k$ para valores quase permanentes de uma ação que acompanha a principal

onde F_k é o valor característico da ação e os valores de ψ são determinado pela tabela 17.

Os valores representativos destas ações devem, portanto, ser majorados pelo coeficiente de ponderação γ_f , para se obter o valor de cálculo F_d , considerando:

$$\gamma_f = \gamma_{f1} * \gamma_{f2} * \gamma_{f3}$$

onde γ_{f1} , γ_{f2} e γ_{f3} tem valores determinados pelas tabelas 16 e 17.

Dessa forma, $F_d = \gamma_f * F_{\text{representativo}}$, sendo que $F_{\text{representativo}}$ pode ser o valor característico da ação ou o reduzido com o coeficiente ψ .

Estado Limite Último

Os valores para o coeficiente de ponderação para o ELU estão apresentados nas tabelas 16 e 17.

De acordo com a NBR 6118, para elementos estruturais como pilares com espessura inferior a 19cm, os esforços solicitantes de cálculo devem ser multiplicados pelo coeficiente de ajustamento γ_n conforme tabela 15. No caso do projeto estrutural da Casa do Caseiro, foram considerados blocos cerâmicos de 14cm de dimensão, sendo necessário aplicar o coeficiente $\gamma_n = 1,25$.

Tabela 15: Coeficientes de ajustamento para pilares e pilares-paredes

b cm	≥ 19	18	17	16	15	14
γ_n	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25
onde $\gamma_n = 1,95 - 0,05 b$; b é a menor dimensão da seção transversal, expressa em centímetros (cm). NOTA O coeficiente γ_n deve majorar os esforços solicitantes finais de cálculo quando de seu dimensionamento.						

Dentre as possíveis combinações últimas consideradas para a verificação do ELU, para o projeto estrutural em questão, foi considerada apenas a combinação normal de esgotamento da capacidade resistente para estruturas de concreto armado. Esta combinação considera as ações permanentes e ação variável principal com seus valores característicos e as demais ações variáveis secundárias com valores reduzidos pelo coeficiente ψ respectivo (equação 7).

Estado Limite de Serviço

O valor do coeficiente de ponderação das ações para a verificação do ELS é dado pela equação 7, sendo que o valor de γ_{f2} varia de acordo com a carga considerada e as combinações, conforme tabela 17.

$$\gamma_f = \gamma_{f2} \quad (7)$$

As possíveis combinações de serviço consideradas para a verificação ELS variam de acordo com sua permanência na estrutura, sendo classificadas como quase permanentes (CQP), que podem atuar durante grande parte da vida útil da estrutura, frequentes (CF), que atuam com repetições na estrutura e raras (CR) que ocorrem apenas algumas vezes.

De acordo com a NBR 6118, os valores do coeficiente de ponderação são definidos por:

$$\text{CQP} - \gamma_{f2} = \psi_2$$

$$\text{CF} - \gamma_{f2} = \psi_1$$

$$\text{CR} - \gamma_{f2} = 1$$

Tendo seus valores definidos pela tabela 17.

Tabela 16: Coeficientes $\gamma_f = \gamma_{f1} * \gamma_{f3}$

Combinações de ações	Ações							
	Permanentes (g)		Variáveis (q)		Protensão (p)		Recalques de apoio e retração	
	D	F	G	T	D	F	D	F
Normais	1,4 ^a	1,0	1,4	1,2	1,2	0,9	1,2	0
Especiais ou de construção	1,3	1,0	1,2	1,0	1,2	0,9	1,2	0
Excepcionais	1,2	1,0	1,0	0	1,2	0,9	0	0

onde
D é desfavorável, *F* é favorável, *G* representa as cargas variáveis em geral e *T* é a temperatura.

^a Para as cargas permanentes de pequena variabilidade, como o peso próprio das estruturas, especialmente as pré-moldadas, esse coeficiente pode ser reduzido para 1,3.

fonte: tabela 11.1 NBR 6118 – Projetos de Estruturas de Concreto – Procedimentos, ABNT, 2004

Tabela 17 – Valores do coeficiente γ_{f2}

Ações		γ_{f2}		
		ψ_0	ψ_1^a	ψ_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 ^b	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 ^c	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

^a Para os valores de ψ_1 relativos às pontes e principalmente para os problemas de fadiga, ver Seção 23.
^b Edifícios residenciais.
^c Edifícios comerciais, de escritórios, estações e edifícios públicos.

fonte: tabela 11.2 NBR 6118 – Projetos de Estruturas de Concreto – Procedimentos, ABNT, 2004

Considerações finais para Estados Limites

$$\text{ELU: } F_d = \gamma_g * F_{gk} + \gamma_{\epsilon g} * F_{\epsilon gk} + \gamma_q * (F_{q1k} + \sum \psi_{0j} * F_{qjk}) + \gamma_{\epsilon q} * \psi_{0\epsilon} * F_{\epsilon qk} \quad (8)$$

$$\text{ELS | CQP: } F_{d,ser} = \sum F_{gi,k} + \sum (\psi_{2j} * F_{qj,k}) \quad (9)$$

$$\text{ELS | CF: } F_{d,ser} = \sum F_{gi,k} + \psi_1 * F_{q1,k} + \sum (\psi_{2j} * F_{qj,k}) \quad (10)$$

Onde

F_d - valor de cálculo das ações na combinação ELU;

$F_{d,ser}$ - valor de cálculo das ações na combinação ELS;

$F_{g,k}$ - valor característico das ações permanentes

$F_{q1,k}$ - valor característico da ação acidental principal;

$F_{qj,k}$ - valor característico das ações acidentais secundárias

$F_{\varepsilon gk}$ - ações indiretas permanentes como a retração

$F_{\varepsilon qk}$ - ações indiretas variáveis como a temperatura

Dessa forma, da tabela 16, tem-se:

$$\gamma_g = \gamma_q = 1,4$$

$$\gamma_{\varepsilon q} = \gamma_{\varepsilon g} = 1,2$$

5.6.6 Ações consideradas

As ações consideradas neste projeto estrutural foram determinadas com base nas informações da NBR6120 que serve de referência para a NBR6118 aplicada no sistema do software TQS.

Cargas permanentes:

- peso próprio do concreto armado: 25 kN/m³
- peso próprio da alvenaria de bloco cerâmico: 18 kN/m³
- peso próprio dos revestimentos dos ambientes: 1 kN/m²
- peso próprio da cobertura (telhados e madeiramento): 1kN/m²
- peso próprio da impermeabilização: 1kN/m²
- peitoril das escadas: 1,5 kN/m

Cargas acidentais

- edifícios residenciais: 1,5 kN/m²
- escadas com acesso ao público: 3 kN/m²

As cargas consideradas para o vento foram calculadas pelo software TQS que está parametrizado para fazer o dimensionamento de acordo com a norma NBR6123. Esta norma define a carga horizontal na estrutura devido às rajadas de vento a partir da localização da Chácara identificada no mapa das isopletas demonstrado na figura 25. Com isso, foi possível determinar uma velocidade básica do vento aproximada,

que consiste na velocidade de uma rajada de 3 segundos, excedida em média uma vez a cada 50 anos, a 10 metros acima do terreno, considerando campo aberto e plano. O valor de velocidade básica obtido foi de 42m/s.

Figura 25: Mapa do Brasil com traçado de isopletas



fonte: software TQS

5.6.7 Lançamento da estrutura

A estrutura de concreto armado é definida com base no traçado dos seus elementos, neste caso considerando o sistema estrutural de laje-viga-pilar. As premissas usadas para o lançamento inicial da estrutura e locação dos componentes foram:

- evitar pilares internos com o intuito de permitir vãos livres
- pilares e vigas com dimensões compatíveis a espessura da alvenaria
- padronização de dimensões de pilares e vigas quando possível com o intuito de economizar fôrmas
- pilares com espaçamento econômico, apresentando distâncias entre 4m e 6m.
- dimensionamento de vigas que garanta que suas alturas sejam compatíveis com o posicionamento das esquadrias e portas.
- lajes com menores vãos de dimensão entre 3,5 m – 5m

-padronização das alturas das lajes de um mesmo pavimento para garantir facilidade na construção

5.6.8 Pré-dimensionamento

Os critérios usados no pré-dimensionamento do sistema laje-viga-pilar foram baseados nas notas de aula da disciplina de PEF2303 - Estruturas de Concreto I da Escola Politécnica da USP.

Lajes maciças retangulares: apresentam espessura típica conforme equação 11.

$$H = l_x / 40 \quad (11)$$

Onde $l_x < l_y$ são os lados da laje

Vigas: em geral apresentam seção retangular e suas alturas típicas variam de 5 em 5cm, com um mínimo de 25cm e são definidas pela equação 12:

$$H = L_0 / 10 \quad (12)$$

Sendo L_0 dimensão L do vão para vigas bi-apoiadas e $0,75 \cdot L$ para vigas com mais de um apoio.

Pilares: em geral apresentam seção retangular e quando possui dimensão menor que 19cm deve ter as cargas majoradas pelo coeficiente de ajustamento γ_n mencionado anteriormente. Seu pré-dimensionamento é feito com base em estimativas de áreas de influência que são submetidas a uma carga entre 10 a 12 kN/m² enquanto a seção transversal do pilar apresenta tensão de serviço de 1 a 1,5 kN/cm². Estas áreas de influência são determinadas com base no semi-vão formado pelas vigas que incidem no pilar. A área da seção transversal do pilar não deve ser inferior a 360cm². Dessa forma, sua seção transversal é determinada por:

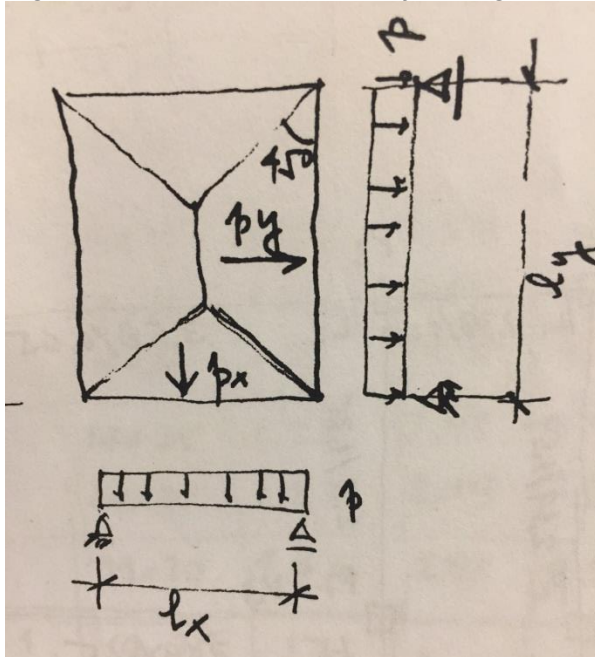
$$A_{\text{pilar}} = N_{\text{pilar}} / \sigma_{\text{pilar}} \geq 360 \text{ cm}^2 \quad (13)$$

$$A_{\text{pilar}} = N^{\circ} \text{ pavimentos} * A_{\text{influência}} * \text{CARGA/m}^2 / \text{TENSÃO DE SERVIÇO} \geq 360 \text{ cm}^2$$

O caminho dos carregamentos no sistema estrutural LVP ocorre através do fluxo laje-viga-pilar-fundações, sendo as cargas aplicadas na laje transmitidas para as vigas. Para lajes apoiadas nos quatro lados a transmissão de esforços é feita por áreas de influência, conforme o modelo de “telhado” da figura 26. Admite-se então

uma simplificação para cálculo das cargas resultantes nas vigas, adotando-as uniformes, conforme as equações 14 e 15.

Figura 26: Formato de distribuição cargas das lajes nas vigas



fonte: notas de aula disciplina PEF 2303-Estruturas de Concreto I, EPUSP, 2005.

$$p_x = p \cdot L_x / 4 \quad (14)$$

$$p_y = p_x \cdot (2 - L_x/L_y) \quad (15)$$

Com este pré-dimensionamento executado, foram obtidas as informações das tabelas 18 - 20 a seguir.

Tabela 18: Pré dimensionamento e carregamento de lajes

PRÉ DIMENSIONAMENTO

LAJES

h_{min_piso} (cm) = 7
e_{parede} (m) = 0,15
h_{paredes} (m) = 2,77
γ alvenaria (kN/m³) = 18
γ concreto (kN/m³) = 25

	horizontal		vertical	lx (m)	h (cm)	H _{final}	pavimento	peso próprio (kN/m ²)	revestimento (kN/m ²)	alvenaria na laje (kN/m ²)	g (kN/m ²)	carga variável q	carga nas lajes		carga das lajes nas vigas	
	2,95	4,40	2,95	7,38	10	cobertura	2,5	0	0	2,5	2	2	g+q (kN/m ²)	px (kN/m)	py (kN/m)	
L1	2,95	4,40	2,95	7,38	10	cobertura	2,5	0	0	2,5	2	2	4,5	3,3	4,4	
L2	3,90	4,40	3,9	9,75	10	cobertura	2,5	0	0	2,5	2	2	4,5	4,4	4,9	
L3	4,05	4,40	4,05	10,13	10	cobertura	2,5	0	0	2,5	2	2	4,5	4,6	4,9	
L4	4,85	3,25	3,25	8,13	10	cobertura	2,5	0	0	2,5	2	2	4,5	3,7	4,9	
L5	2,95	4,40	2,95	7,38	10	superior	2,5	1	1	3,5	1,5	1,5	5	3,7	4,9	
L6	2,47	4,40	2,47	6,18	10	superior	2,5	1	1,4	4,9	1,5	1,5	6,4	4,0	5,7	
L7	4,05	4,40	4,05	10,13	10	superior	2,5	1	2,3	5,8	1,5	1,5	7,3	7,4	7,9	
L8	4,85	3,25	3,25	8,13	10	superior	2,5	1	0,0	3,5	1,5	1,5	5,0	4,1	5,4	
L9	4,85	4,40	4,4	11,00	11	inferior	2,75	1	1,5	5,3	1,5	1,5	6,8	7,5	8,1	
L10	4,85	3,25	3,25	8,13	11	inferior	2,75	1	1,5	5,2	1,5	1,5	6,7	5,5	7,3	

fonte: elaborada pela autora

Tabela 19: Pré-dimensionamento das vigas

PRÉ DIMENSIONAMENTO**VIGAS**

	direção	tipo	L1	L2	L0	h	pavimento	Hfinal	b x h
V1	horizontal	3 apoios	6,1	4,8	4,6	45,8	cobertura	50	14 x 50
V2	horizontal	3 apoios	5,9	5,0	4,4	44,3	cobertura	50	14 x 50
V3	horizontal	biapoiada	4,9	0,0	4,9	49,0	cobertura	50	14 x 50
V4	vertical	biapoiada	4,4	0,0	4,4	44,0	cobertura	50	14 x 50
V5	vertical	biapoiada	4,4	0,0	4,4	44,0	cobertura	50	14 x 50
V6	vertical	biapoiada	3,3	0,0	3,3	32,5	cobertura	50	14 x 50
V7	vertical	biapoiada	4,4	0,0	4,4	44,0	cobertura	50	14 x 50
V8	vertical	3 apoios	3,1	4,3	3,2	32,3	cobertura	50	14 x 50
V9	horizontal	3 apoios	6,1	4,8	4,6	45,8	superior	50	14 x 50
V10	horizontal	3 apoios	5,9	5,0	4,4	44,3	superior	50	14 x 50
V11	horizontal	biapoiada	4,9	0,0	4,9	49,0	superior	50	14 x 50
V12	vertical	biapoiada	4,4	0,0	4,4	44,0	superior	50	14 x 50
V13	vertical	biapoiada	4,4	0,0	4,4	44,0	superior	50	14 x 50
V14	vertical	balanço	3,1	1,6	2,3	23,3	superior	30	14 x 30
V15	vertical	biapoiada	4,4	0,0	4,4	44,0	superior	50	14 x 50
V16	vertical	3 apoios	3,1	4,3	3,2	32,3	superior	30	14 x 30
V17	horizontal	biapoiada	4,9	0,0	4,9	48,5	inferior	50	14 x 50
V18	horizontal	biapoiada	4,9	0,0	4,9	48,5	inferior	50	14 x 50
V19	horizontal	biapoiada	4,9	0,0	4,9	48,5	inferior	50	14 x 50
V20	vertical	3 apoios	3,3	4,4	3,3	33,0	inferior	50	14 x 50
V21	vertical	3 apoios	3,3	4,4	3,3	33,0	inferior	50	14 x 50

fonte: elaborada pela autora

Tabela 20: Pré-dimensionamento das cargas nas vigas

PRÉ DIMENSIONAMENTO**CARGAS VIGAS**

VIGAS	trecho	L	b x h	vão lajes	L vão	p+g_1 (kN/m)	vão lajes	L vão	p+g_2	peso próprio (kN/m)	g_alv (kN/m)	Σ cargas distriuidas *L (kN)
V1	1	6,1	14 x 50	L1	3,0	3,3	L2	3,9	4,4	1,8	0,0	37,6
	2	4,8	14 x 50	L3	4,1	4,6				1,8	0,0	26,9
V2	1	5,9	14 x 50	L1	3,0	3,3	L2	3,9	4,4	1,8	0,0	37,2
	2	5,0	14 x 50	L3	4,1	4,6				1,8	0,0	27,2
V3	1	4,9	14 x 50	L4	4,9	4,9				1,8	0,0	32,2
V4	1	4,4	14 x 50	L1	4,4	4,4				1,8	0,0	27,1
V5	1	4,4	14 x 50	L1	4,4	4,4	L2	4,4	4,9	1,8	0,0	48,6
V6	1	3,3	14 x 50	L4	3,3	3,7				1,8	0,0	17,6
V7	1	4,4	14 x 50	L2	4,4	4,9	L3	4,4	4,9	1,8	0,0	50,8
V8	1	3,1	14 x 50	L4	3,3	3,7				1,8	0,0	17,3
	2	4,3	14 x 50	L3	4,4	4,9				1,8	0,0	29,2
V9	1	6,1	14 x 50	L5	3,0	3,7	L6	2,5	4,0	1,8	6,5	70,9
	2	4,8	14 x 50	L7	4,1	7,4				1,8	6,5	69,3
V10	1	5,9	14 x 50	L5	3,0	3,7	L6	3,0	5,7	1,8	6,5	76,6
	2	5,0	14 x 50	L7	4,1	7,4				1,8	6,5	70,9
V11	1	4,9	14 x 50	L8	4,9	5,4				1,8	6,5	66,5
V12	1	4,4	14 x 50	L5	4,4	4,9				1,8	6,5	57,8
V13	1	4,4	14 x 50	L5	4,4	4,9	L6	4,4	5,7	1,8	6,5	83,0
V14	1	3,1	14 x 30	L8	3,3	4,1				1,1	6,5	36,5
	2	1,6	14 x 30	L6	1,5	5,7				1,1	7,5	22,2
V15	1	4,4	14 x 50	L6	1,5	5,7	L7	4,4	7,9	1,8	6,5	79,7
V16	1	3,1	14 x 30	L8	3,3	4,1				1,1	6,5	36,7
	2	4,3	14 x 30	L7	4,4	7,9				1,1	6,5	67,3
V17	1	4,9	14 x 50	L9	4,9	8,1				1,8	6,5	79,4
V18	1	4,9	14 x 50	L9	4,9	8,1	L10	4,9	7,3	1,8	5,4	109,6
V19	1	4,9	14 x 50	L10	4,9	7,3				1,8	5,4	70,1
V20	1	3,3	14 x 50	L10	3,3	5,5				1,8	6,5	44,6
	2	4,4	14 x 50	L9	4,4	7,5				1,8	0,0	40,5
V21	1	3,3	14 x 50	L10	3,3	5,5				1,8	6,5	44,6
	2	4,4	14 x 50	L9	4,4	7,5				1,8	6,5	69,0

fonte: elaborada pela autora

O pré-dimensionamento apresentado serviu como base para executar o lançamento dos elementos estruturais no modelo e fornecer visibilidade dos mais carregados. A aplicação do modelo estrutural no software *TQS* permite maior precisão dos cálculos por tratar-se de uma metodologia simplificada em que não foram consideradas as solicitações devido ao apoio de vigas em vigas, por exemplo.

5.6.9 TQS

A TQS Informática é uma empresa especializada no desenvolvimento de softwares de cálculo estrutural de concreto armado, alvenaria estrutural, concreto protendido e estruturas pré-moldadas. A escolha pelo uso do software se deu devido à sua difusão entre engenheiros estruturais, parametrização de acordo com norma NBR 6118 e compatibilidade com o *Autodesk Revit Architecture*, usado para elaboração do modelo arquitetônico.

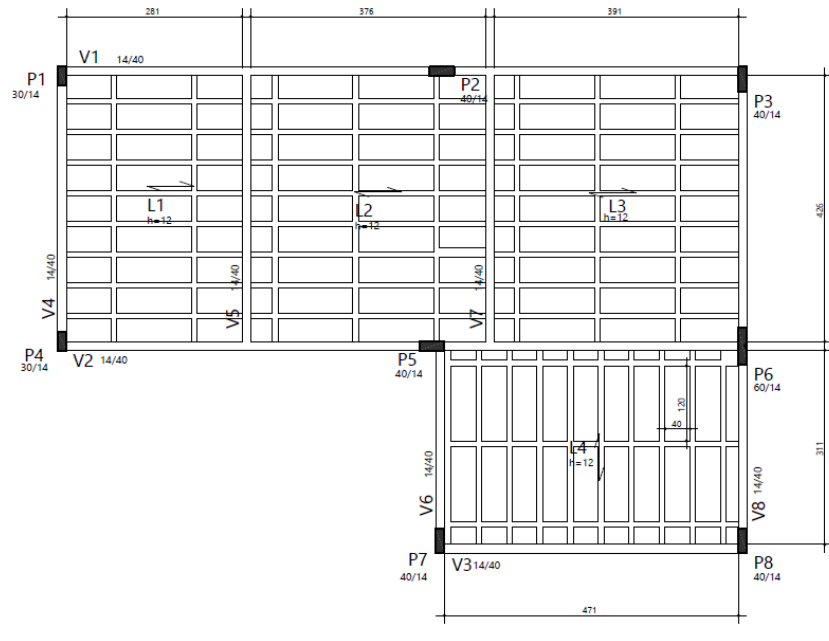
Para o desenvolvimento do projeto em questão, foi usada a versão de Avaliação Gratuita do TQS considerando a configuração para estruturas de concreto armado. Apesar das limitações determinadas pela versão, não houve impacto na elaboração do projeto, provavelmente por tratar-se de uma edificação de pequeno porte.

As etapas de desenvolvimento do projeto no software foram definidas pelo lançamento da estrutura pré-dimensionada e cargas determinadas pelas normas, seguida pelo processamento dos esforços na estrutura com o intuito de verificar possíveis erros no modelo. Após executados os ajustes necessários, foram calculadas as armaduras para todos os elementos. O desenho dos detalhamentos das armaduras criado pelo software exige tratamento posterior, com correções e otimizações de bitolas, tamanhos e quantidades. Depois de finalizado o tratamento nos detalhamentos, foi possível criar as pranchas de projeto, apresentadas no apêndice C.

5.6.10 Resultados processamento

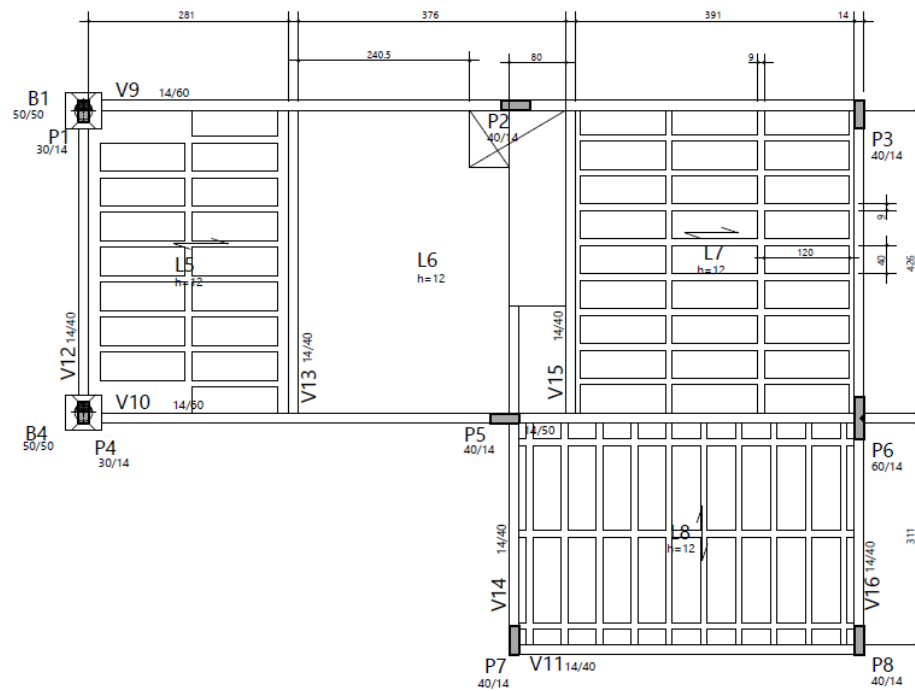
A estrutura pré-dimensionada foi ajustada de acordo com as orientações do TQS e de profissionais da área de estruturas de concreto armado, de forma que o resultado final obtido será detalhado a seguir e está demonstrado nas imagens 27-29.

Figura 27: Planta de fôrmas Cobertura

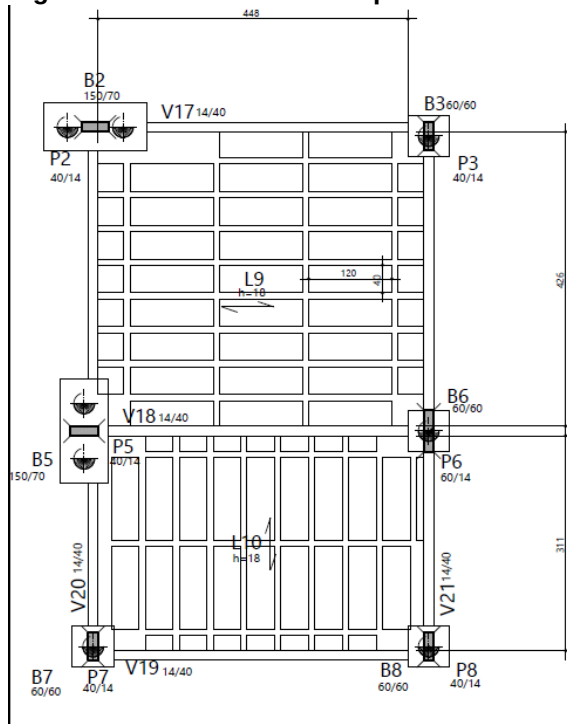


fonte: elaborada pela autora

Figura 28: Planta de Fôrmas pavimento superior



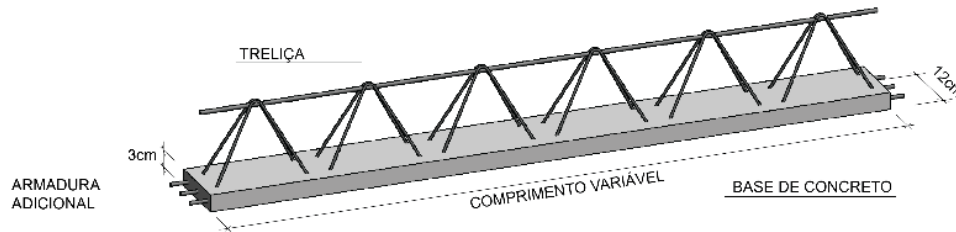
fonte: elaborada pela autora

Figura 29: Planta de Fôrmas pavimento inferior

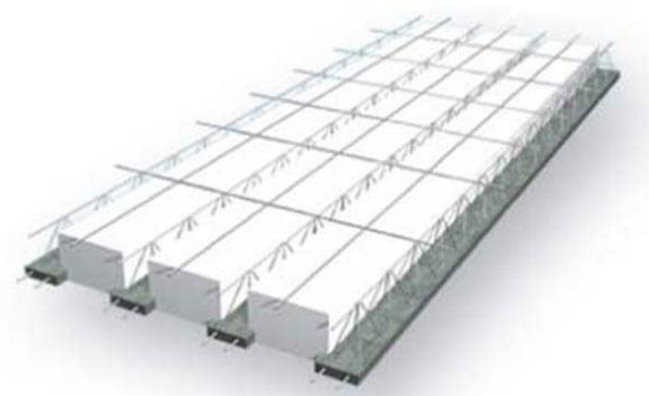
fonte: elaborada pela autora

Lajes

Inicialmente no pré-dimensionamento foram consideradas lajes maciças de concreto armado. No entanto, hoje em dia existem soluções de qualidade para substituir lajes maciças, como os painéis de laje treliçadas aplicadas neste projeto. Trata-se da substituição por pequenas vigotas semelhantes à exemplificada na figura 30, composta de base de concreto na superfície inferior e treliças na superfície superior. Costuma ser aplicada em conjunto com enchimentos de EPS ou lajotas cerâmicas (figura 31), para diminuir o consumo de concreto, peso da estrutura e garantir mesma qualidade do elemento final. Esta disposição possibilita maior economia de concreto, fôrmas e escoramento, uma vez que as vigotas também apresentam a capacidade de atuarem como fôrmas. Após os elementos serem locados, as armaduras são posicionadas conforme a indicação do projeto estrutural e o concreto é lançado, sendo necessária a aplicação de uma capa de concreto na face superior com dimensões mínimas definidas de acordo com o enchimento utilizado para permitir a amarração das armaduras e atendimento ao cobrimento mínimo definido em normas.

Figura 30: Modelo de vigota treliçada**VIGOTA TRELIÇADA**

fonte: Google imagens. Disponível em: www.lajeshertel.com.br/produtos/laje-trelicada

Figura 31: Modelo combinação vigota treliçada e enchimento EPS

fonte: Google imagens. Disponível em: www.impermeabilizabrasil.com/laje-trelicada-com-eps/. Acessada em 11/2018.

Neste projeto, foi considerada a aplicação de enchimento por meio de blocos de EPS de 40 cm x 120cm de dimensões em planta e altura de 12cm para o pavimento inferior e 8cm para o pavimento superior e cobertura. A distribuição das fôrmas de nervuras foi planejada com o objetivo de reduzir o desperdício de materiais no caso da necessidade de execução de cortes no enchimento.

Nervuras transversais à direção das vigotas foram aplicadas após cada bloco de EPS, com 9cm de largura e com a função de fornecer travamento ao painel da laje, dando estabilidade lateral às vigotas, aumentando a rigidez do conjunto e consequentemente reduzindo deformações e vibrações. Estas nervuras são usadas como referência para o posicionamento das fôrmas necessárias para a concretagem e posição do cimbramento.

As alturas das lajes foram determinadas visando à padronização em cada pavimento, sendo as diferenças de níveis entre ambientes garantidas através do contrapiso. No pavimento superior não foi possível aplicar as vigotas treliçadas na laje 6, sendo necessário executá-la como laje maciça devido às flechas e vibrações geradas pelo recorte da escada, resultando em um elemento com poucos apoios. A

solução encontrada foi aumentar a rigidez do elemento através do concreto maciço. As lajes do pavimento inferior foram inicialmente dimensionadas com 12cm de altura assim como dos outros pavimentos. No entanto, durante o processamento das armaduras no software, foi verificada a impossibilidade dos elementos de resistir a esforços de flexão negativa. De acordo com as notas de aula da disciplina PEF2303 da EPUSP, para garantir condições de ductilidade, a profundidade “x” da linha neutra deve se limitar a $0,5 \cdot d$ para concretos inferiores a classe C35, sendo d a posição da armadura de tração contada a partir da face superior da seção. Dessa forma, torna-se necessário aumentar a seção do elemento ou adotar armadura dupla. Com o intuito de evitar dificuldades construtivas, foi preferível aumentar a seção das lajes inferiores através do aumento da altura do enchimento de EPS (variando de 8cm para 12cm) e da capa de concreto (variando de 4cm para 6cm).

Vigas

As vigas apresentam larguras compatíveis com a dimensão da alvenaria considerada, com 14cm. Na cobertura e no pavimento inferior, todas as vigas foram padronizadas e apresentam dimensões de 14/40.

No pavimento superior, foi necessário alterar a dimensão de 2 vigas para garantir a estabilidade da estrutura. A altura da viga 9 foi aumentada para 60cm, sendo compatível com a altura necessária para o apoio da escada. No caso da viga 10, ocorre mudança de dimensão na seção, iniciando com 60cm de altura e reduzindo para 50cm, devido à necessidade de garantir maior altura livre no pavimento inferior.

Pilares

Os pilares também apresentam larguras compatíveis com a alvenaria e tiveram dimensões padronizadas em 14 cm x 39 cm. Devido à impossibilidade de alojamento das armaduras necessárias, o pilar P6 teve a dimensão de sua seção transversal ampliada para 14 x 59.

Os pilares foram posicionados de forma a fornecer resistência às translações geradas pelos carregamentos aplicados, sendo necessário mudar suas orientações (virar 90°) para permitir benefício devido ao aumento de momento de inércia em determinada direção, tornando o sistema mais rígido.

5.7 Movimentação de terra

Conforme mencionado anteriormente, o desnível existente entre a atual garagem e o início do pomar não é suficiente para garantir o pé direito do pavimento inferior da construção, sendo necessário executar escavação. Com o intuito de aproveitar a terra extraída, deverá haver também movimentação para outra área do terreno que atualmente sofre com erosão excessiva e necessita de terra.

No entanto, um solo consolidado em um mesmo local há um determinado tempo apresenta compactação devido às cargas atuantes nele ao longo dos anos. O processo de escavação irá tornar este solo “solto” novamente, aumentando o índice de vazios entre as partículas e conseqüentemente o volume. Dessa forma, não é possível aceitar uma simplificação de que o volume de solo escavado terá o valor das dimensões da escavação. Essa variação de volume é denominada empolamento, um fenômeno físico expresso em percentual do volume original que varia de acordo com o tipo de solo, grau de coesão do material e umidade. O empolamento pode ser calculado pela equação 16:

$$E = \gamma_n / \gamma_s - 1 \quad (16)$$

Onde

E – coeficiente de empolamento

γ_n – massa específica do solo no estado natural – kg/m³

γ_s – massa específica do solo solto – kg/m³

Alguns coeficientes usuais que permitem uma simplificação são apresentados na tabela 21.

Tabela 21: Coeficientes de empolamento

Material	Empolamento
Rocha detonada	50%
Solo argiloso	40%
Terra comum	25%
Solo arenoso seco	12%

fonte: Mattos, 2014. Disponível em <http://blogs.pini.com.br/posts/Engenharia-custos/como-trabalhar-com-empolamento-e-contracao-311252-1.aspx>. Acessado em 11/2018

Para efeito da análise deste projeto, será considerado um solo de terra comum, com empolamento de 25%.

Para o cálculo do volume de solo extraído de uma escavação, usa-se a equação 17:

$$V_s = V_n * (1 + E) \quad (17)$$

Onde V_s – volume do solo extraído, após a escavação – m^3

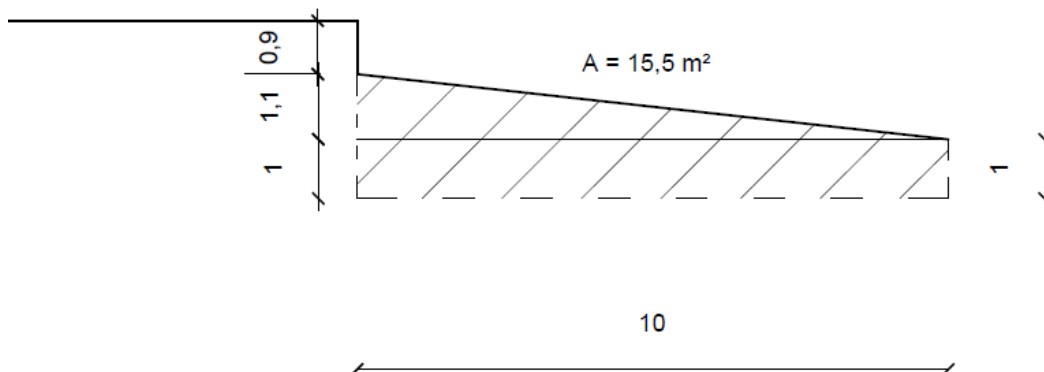
V_n – volume do solo no estado natural, antes da escavação – m^3

Neste projeto não foi executado um levantamento planialtimétrico por não ser exigido pela prefeitura de Cotia na documentação levantada. Desta forma, o declive atual apresentado no pomar foi de aproximadamente 10% baseando-se nas medidas executadas in loco. Considerando que será necessário rebaixar o terreno em aproximadamente 1m a partir do limite com a rua, foi obtida uma seção transversal de corte de terra de formato trapezoidal, com aproximadamente $15,5m^2$ identificada na figura 32. Para uma extensão de corte em planta que englobe o pavimento inferior em sua totalidade e parte do corredor lateral foi necessário considerar aproximadamente 12m. Dessa forma, para a equação 17 tem-se um volume de solo extraído equivalente a $232,5 m^3$.

$$V_n = 15,5 * 12 = 186 m^3$$

$$V_s = 186 * 1,25 = 232,5 m^3$$

Figura 32: Seção de escavação



De forma análoga, a contração consiste no fenômeno físico de redução de volume de solo após seu lançamento e compactação.

A taxa de compactação é obtida por meio da relação entre a massa específica do solo no estado natural e a massa específica do solo no aterro, conforme equação 18:

$$C = \gamma_n / \gamma_a \quad (18)$$

A partir da equação anterior, é possível determinar o volume de solo solto necessário para realizar um aterro, conforme equação 19.

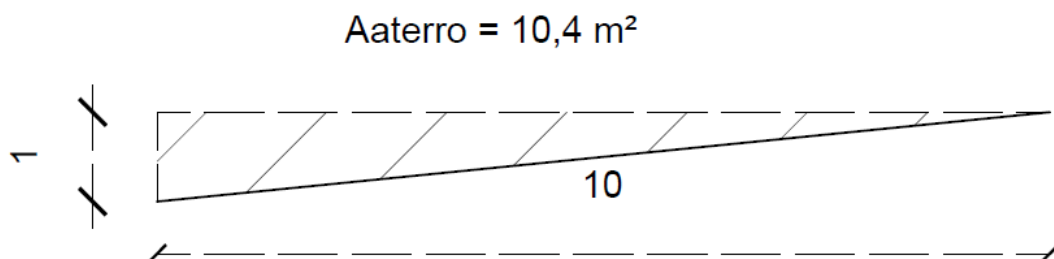
$$V_a = V_s * C \quad (19)$$

Para este projeto considerou-se uma contração de 10% devido ao provável uso de maquinários de baixa potência para executar a compactação. Dessa forma, a taxa de compactação adotada foi de 90%. Assim, é possível obter o volume do aterro possível usando o solo extraído da escavação.

$$V_a = 232,5 * 0,9 = 209,25 \text{ m}^3$$

Considerando que o local onde deverá ser aplicado apresenta um declive, o preenchimento apresentará seção transversal triangular. Adotando uma extensão de 20m de aplicação do aterro, tem-se uma área da seção transversal de 10,4m², o que permite reduzir o declive em aproximadamente 1m se considerarmos um triângulo de 10m de extensão, exemplificado na figura 33.

Figura 33: Seção de aterro



fonte: elaborada pela autora

5.8 Projeto de fundação

Os esforços aplicados na edificação são transmitidos pelas lajes, vigas e pilares até as fundações, que aplicam essas cargas no solo, que por sua vez irá se deformar e resultar em deslocamentos horizontais, verticais (recalques) e rotações na fundação. Dessa forma, é necessário analisar a interação solo-estrutura (VELLOSO; LOPES, 2011).

As fundações podem ser separadas em 2 grandes grupos: profundas ou superficiais (diretas ou rasas). As fundações profundas, como por exemplo os tubulões, apresentam profundidade superior a duas vezes sua menor dimensão e pelo menos 3m de profundidade, de acordo com a NBR 6122.

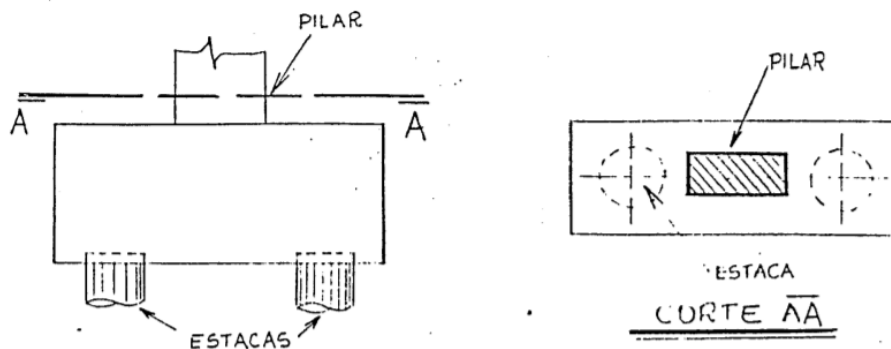
No caso deste projeto, foram aplicadas fundações superficiais e profundas em conjunto, uma vez que na modelação foram dimensionados blocos apoiados em estacas para garantir a estabilidade da construção.

De acordo com e Lopes (2011), o bloco consiste em um elemento de fundação de concreto simples, dimensionado para resistir às tensões de tração apenas pelo concreto, sem necessidade de armadura. Apesar disso, neste projeto o bloco de fundação foi armado, conforme projeto de fundações do apêndice D.

As estacas consistem em elementos de fundação profunda na qual as solicitações são resistidas por meio do atrito do fuste (superfície lateral da estaca) com o solo. Neste projeto, foi considerado o uso de estaca escavada em conjunto com os blocos de fundação, o que permite uma melhor transmissão dos esforços, evitando problemas de excentricidade ocasionados por erros na construção.

5.8.1 Dimensionamento dos blocos

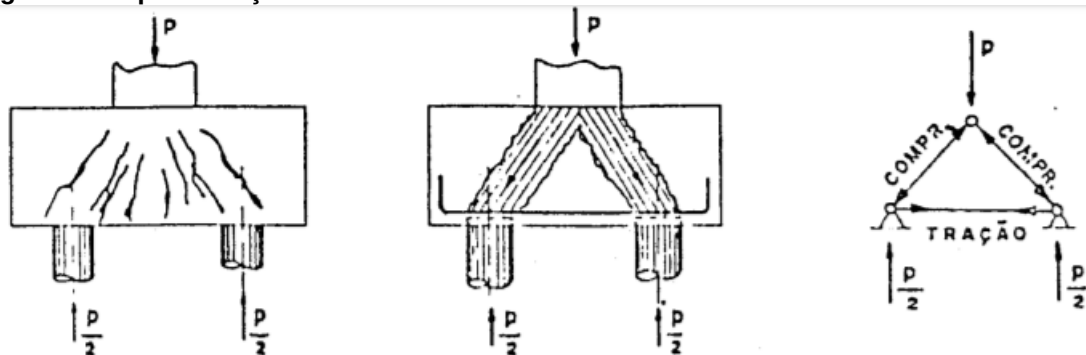
Figura 34: Modelo de bloco sobre estacas



As informações apresentadas nesta seção foram extraídas das Notas de Aula FEC da Universidade de Campinas (UNICAMP).

No dimensionamento dos blocos, é admitida a hipótese do bloco rígido a partir da qual é aplicada a teoria das bielas que considera que a transmissão dos esforços de compressão provenientes dos pilares e vigas é transmitido através do bloco de concreto para a cabeça da estaca. As bielas representam elementos de concreto comprimido formados pelas fissuras e localizados dentro dos blocos, apresentando comportamento similar às barras comprimidas, conforme modelo da figura 35. As reações horizontais das bielas deverão ser absorvidas pela armadura do sistema.

Figura 35: Representação das bielas



fonte: Notas de aula FEC – UNICAMP. Disponível em www.fec.unicamp.br/~almeida/ec802/Blocos%20sobre%20estacas/Blocos_sobre_estacas.pdf. Acessado em 11/2018

O número de estacas necessárias para o bloco é calculado por meio da equação:

$$n = P_s / P_{\text{máx}} \quad (20)$$

onde: n – número de estacas

P_s - carga recebida pelo bloco

$P_{\text{máx}}$ – carga máxima resistida pela estaca escolhida

As vigas de travamento são ligadas ao pilar do bloco no nível da fundação e apresentam a função de absorver os efeitos das excentricidades na construção. Para garantir este travamento, os blocos de uma estaca exigem vigas em duas direções, perpendiculares entre si, enquanto para os blocos de duas estacas apenas vigas na direção perpendicular ao eixo das estacas são necessárias. Neste projeto, as vigas baldrame da estrutura apresentam essa função.

Para o dimensionamento dos blocos foram seguidas algumas regras determinadas nas Notas de Aula da UNICAMP:

- o contorno dos blocos deve garantir uma distância mínima de 15cm entre a face do bloco e da estaca
- para garantir adequada aderência e transmissão de esforços, as estacas devem apresentar no mínimo 5cm inseridos na face inferior do bloco.
- a distância entre os eixos centrais das estacas de um mesmo bloco deve ser de 3ϕ sendo ϕ o diâmetro externo da estaca
- altura do bloco deve ser função do comprimento de ancoragem das armaduras de arranque do pilar e do ângulo de bielamento.

Neste projeto foram aplicados blocos de 1 estaca na fundação do pavimento superior e blocos de 1 e 2 estacas na fundação do pavimento inferior, de acordo com a necessidade da estrutura. Dessa forma, de acordo com as Notas de Aula da UNICAMP, tem-se:

Dimensionamento de blocos de 1 estaca

Para o detalhamento das armaduras dos blocos de uma estaca são aplicadas armaduras construtivas determinadas por recomendações práticas e observação de resultados de ensaios. Desta forma, considerando cobrimento de 4cm e as figuras 36 - 38 tem-se:

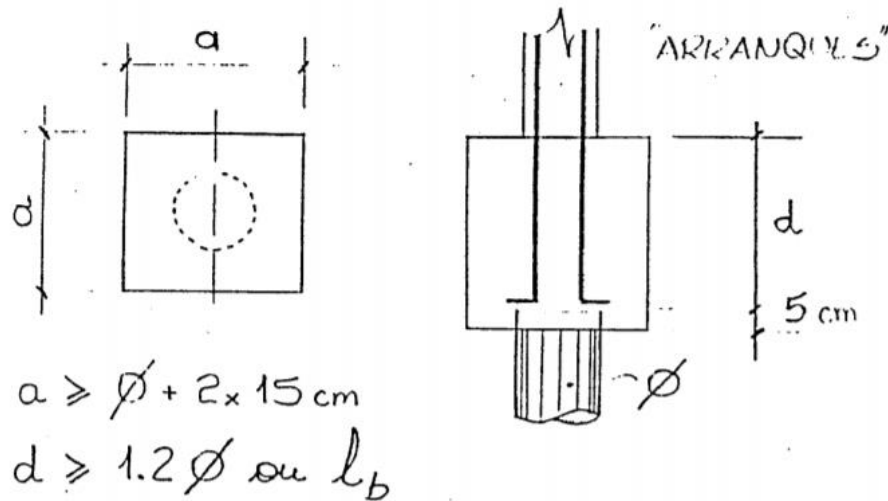
$$a \geq \phi + 30 \text{ cm}$$

$$d \geq 1,2\phi \text{ ou } L_b$$

$$\phi \text{ 10 c/ 20 para estribos verticais em que } P_{\text{máx}} \leq 50\text{tf}$$

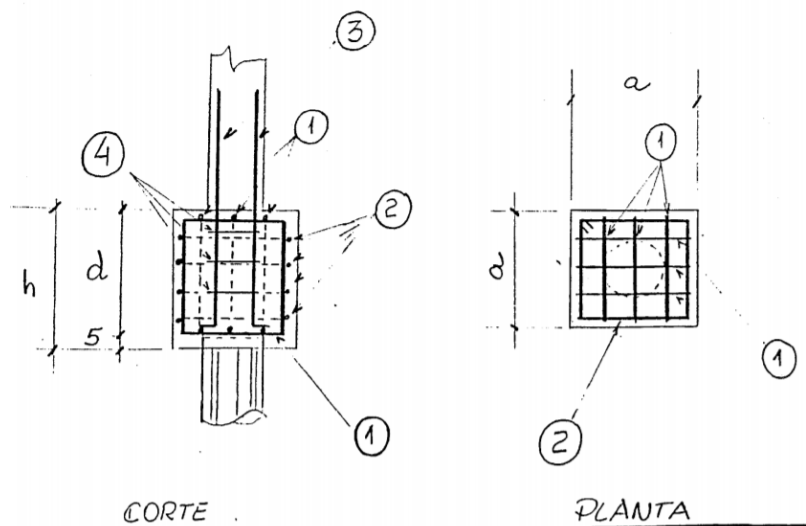
$$\phi \text{ 6,3 c/ 15 para estribos horizontais em que } P_{\text{máx}} \leq 50\text{tf}$$

Figura 36: Representação bloco sobre 1 estaca



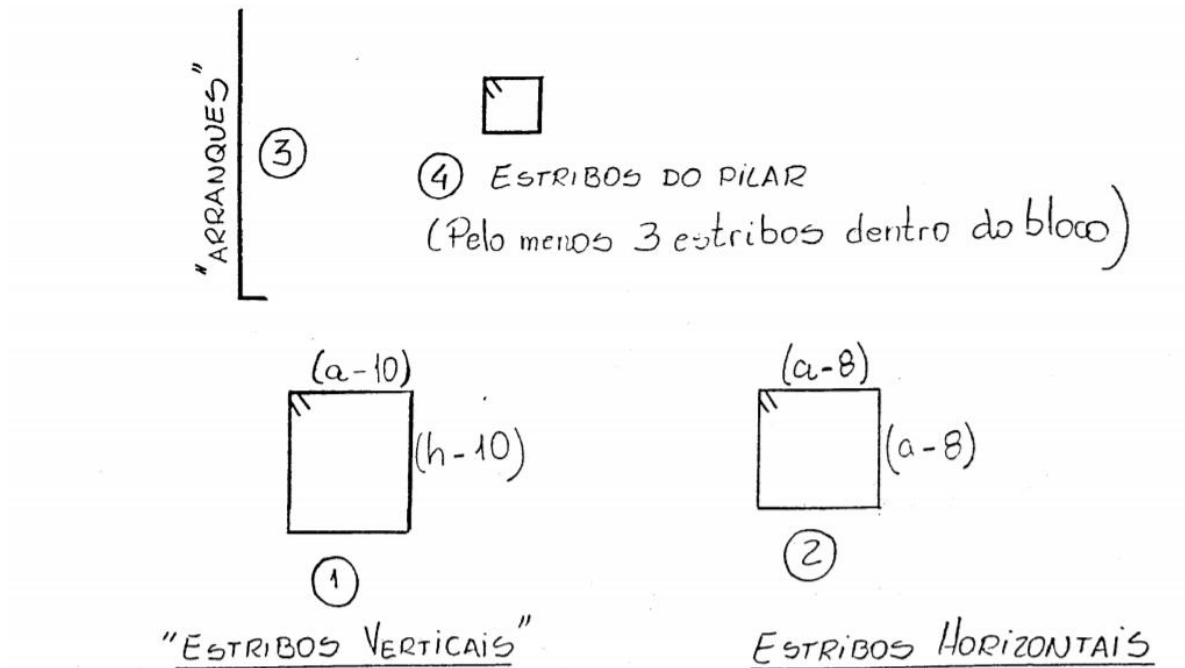
fonte: Notas de aula FEC – UNICAMP. Disponível em www.fec.unicamp.br/~almeida/ec802/Blocos%20sobre%20estacas/Blocos_sobre_estacas.pdf. Acessado em 11/2018

Figura 37: Posicionamento armaduras no bloco de 1 estaca



fonte: Notas de aula FEC – UNICAMP. Disponível em www.fec.unicamp.br/~almeida/ec802/Blocos%20sobre%20estacas/Blocos_sobre_estacas.pdf. Acessado em 11/2018

Figura 38: Identificação das armaduras no bloco de 1 estaca



fonte: Notas de aula FEC – UNICAMP. Disponível em www.fec.unicamp.br/~almeida/ec802/Blocos%20sobre%20estacas/Blocos_sobre_estacas.pdf. Acessado em 11/2018

Neste projeto, foram implementados 6 blocos de 1 estaca como segue:

Dimensões bloco: $a = 50\text{cm}$, altura $h = 60\text{cm}$

Dimensões estacas: $\phi = 25\text{cm}$ (pavimento superior), $\phi = 30\text{cm}$ (pavimento inferior), altura = 4m , inserção no bloco = 5cm

Dimensionamento de blocos de 2 estacas

O dimensionamento busca evitar o escoamento da armadura de aço do tirante e o encurtamento último do concreto das bielas. Com isso, a tensão de tração na armadura do tirante e a tensão de compressão nas bielas serão limitadas a valores convencionais (Notas de Aula FEC, UNICAMP).

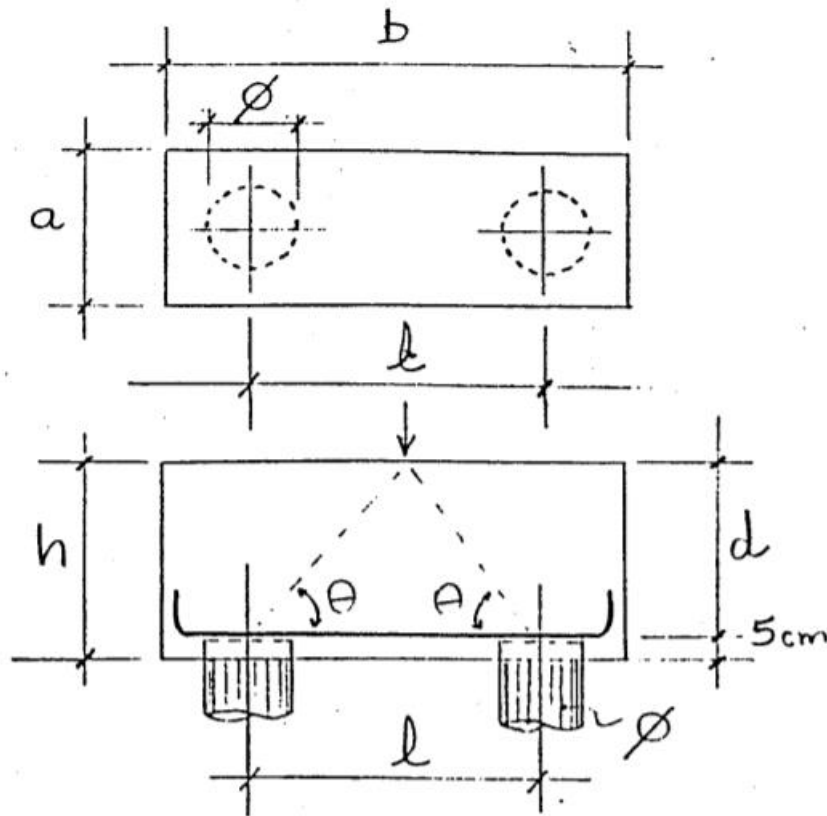
No caso do dimensionamento de bloco sobre 2 estacas, é necessário determinar a área de armadura dos tirantes e verificar a tensão de compressão nas bielas nos pontos críticos (junto ao pilar e às estacas). Considerando o exemplificado na figura 39, foi adotado:

$$a = \phi + 30 \text{ cm}$$

$$b = L + \phi + 30 \text{ cm}$$

$$h = d + 5, \text{ respeitadas as condições } d \geq L_b \text{ e } 45^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$$

Figura 39: Representação bloco sobre 2 estacas

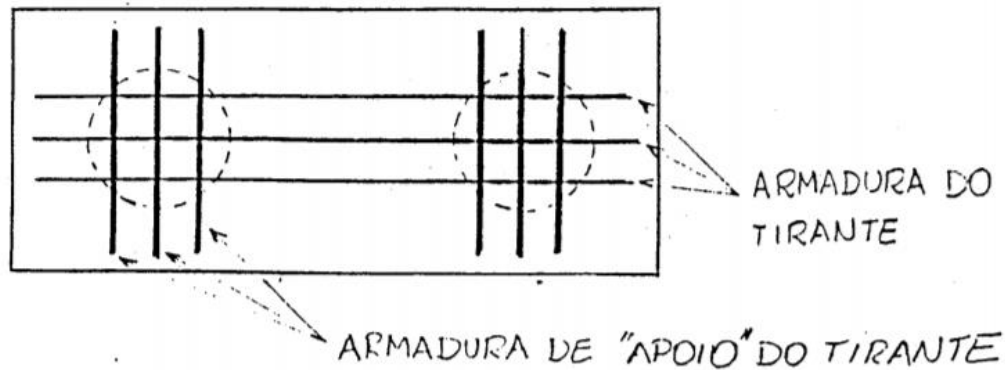


12

fonte: Notas de aula FEC – UNICAMP. Disponível em www.fec.unicamp.br/~almeida/ec802/Blocos%20sobre%20estacas/Blocos_sobre_estacas.pdf. Acessado em 11/2018

Para dimensionar as armaduras, adota-se armadura de tirantes sobre as estacas paralela ao alinhamento dos blocos (A_s) e uma armadura de apoio transversal a ela (A_{st}). As armaduras de tirantes devem ser concentradas no topo das estacas e não distribuídas igualmente ao longo da dimensão do bloco, uma vez que os esforços das bielas se concentram na direção das estacas. Nos casos em que as armaduras dos tirantes forem dispostas fora das cabeças das estacas, é necessário aplicar as armaduras de apoio para evitar o surgimento de fissuras.

Figura 40: Posicionamento e identificação das armaduras para bloco de 2 estacas



fonte: Notas de aula FEC – UNICAMP. Disponível em www.fec.unicamp.br/~almeida/ec802/Blocos%20sobre%20estacas/Blocos_sobre_estacas.pdf. Acessado em 11/2018

Com base nas informações da referência, tem-se para a armadura do tirante:

$$A_s = \frac{R_s}{f_{yd}} \quad (21)$$

$$R_s = \frac{P_d * L}{4 * d} \quad (22)$$

Para a armadura do apoio:

$$A_{st} = \frac{P_d}{8 * f_{yd}} \quad (23)$$

Onde:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{1,1 * 1,2 * \gamma_s} \quad (24)$$

$$P_d = \gamma_f * P \quad (25)$$

P – carga transmitida pelo pilar.

Para executar a verificação da tensão de compressão nas bielas, as equações 26 e 27 são aplicadas:

Junto ao pilar

$$\sigma_{c,biela} = \frac{P}{A_{c,p} * \sin^2 \theta} \leq 0,85 f_{ck} \quad (26)$$

Junto à estaca

$$\sigma_{c,biela} = \frac{P}{2A_{c,e} \cdot \sin^2 \theta} \leq 0,85 f_{ck} \quad (27)$$

Onde

$\sigma_{c, biela}$ – tensão de compressão na biela

$A_{c,e}$ – área da seção transversal da estaca

$A_{c,p}$ – área da seção transversal do pilar

Além das armaduras dos tirantes e de apoio, para o bloco sobre 2 estacas são necessárias armaduras construtivas, como segue:

- face superior do bloco: $\phi 10\text{mm}$ com espaçamento $\leq 20\text{cm}$ para $P_{\text{máx}} \leq 50\text{tf}$
- faces laterais do bloco: armaduras de pele horizontais com $\phi 10\text{mm}$ com espaçamento $\leq 20\text{cm}$ para $P_{\text{máx}} \leq 50\text{tf}$
- estribos verticais: $\phi 6,3\text{mm}$ com espaçamento $\leq 15\text{cm}$ para $P_{\text{máx}} \leq 50\text{tf}$

Neste projeto, foram implementados 2 blocos de 2 estaca como segue:

Dimensões bloco: $a = 70\text{cm}$, $b = 150\text{cm}$, altura $h = 60\text{cm}$, $L = 80\text{cm}$

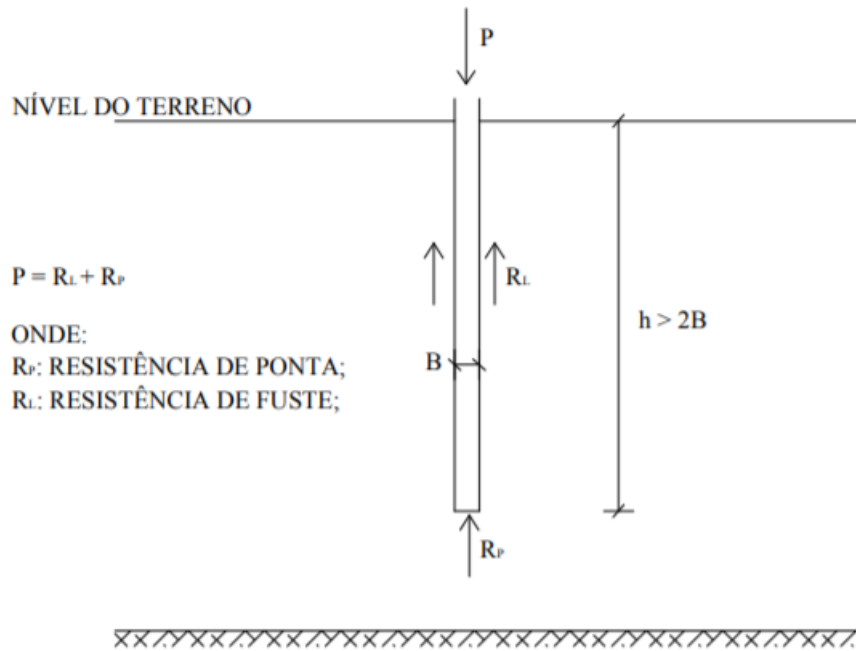
Dimensões estacas: $\phi = 30\text{cm}$, altura = 4m , inserção no bloco = 5cm

5.8.2 Dimensionamento das estacas

Para o dimensionamento das estacas é necessário determinar a capacidade de carga da fundação adotada, definida como a força aplicada na estaca que provoca apenas recalques que não causam inconvenientes e nem ruptura do solo ou da fundação.

Conforme mencionado anteriormente, a fundação profunda apresenta resistência com o solo na sua ponta e ao longo do fuste, conforme figura 41.

Figura 41: Fundação profunda



fonte: Figura 4.1 – capítulo 4-Fundações Profundas – UFC. Disponível em www.lmsp.ufc.br/arquivos/graduacao/fundacao/apostila/04.pdf. Acessado em 12/2018

Segundo Alonso (1983) a capacidade de carga de uma estaca pode ser calculada pelos métodos semi-empíricos de Aoki e Velloso, considerado neste projeto, e de Decourt-Quaresma que diferem apenas na forma de determinar a resistência de ponta e de atrito lateral. Dessa forma, tem-se:

$$P_R = P_L + P_P \quad (28)$$

$$P_L = U * \sum(\Delta l * r_L) \quad (29)$$

$$P_P = A_p * r_p \quad (30)$$

Onde: P_R : carga de ruptura de uma estaca

P_L : parcela da carga de ruptura devido ao atrito lateral solo-estaca ao longo do fuste;

P_P : parcela da carga de ruptura resistida pela ponta da estaca

U : perímetro da seção transversal do fuste

Δl : trecho do fuste onde se admite r_L constante

r_L : resistência por atrito lateral

r_p : resistência de ponta

O método Aoki e Velloso desenvolvido em 1975 calcula as resistências de ponta e de atrito lateral como:

$$r_p = K * N_{SPT} / F_1 \quad (31)$$

$$r_L = \alpha * K * N_{SPT} / F_2 \quad (32)$$

onde N_{SPT} : valor da resistência à penetração dinâmica obtida no ensaios SPT;

α : relação entre as resistências de ponta e lateral local do ensaio de penetração estática determinado na tabela 22,

K: coeficiente de conversão da resistência de ponta do cone para N_{SPT} variável de acordo com o solo, determinado na tabela 22

F_1 e F_2 : coeficientes de correção das resistências de ponta e lateral, determinado na tabela 23.

As tabelas 22 e 23 identificam os valores para os coeficientes.

Tabela 22: Valores dos coeficientes K e α propostos por Aoki e Velloso

Tipo de solo	K (MPa)	α (%)
Areia	1,00	1,4
Areia siltosa	0,80	2,0
Areia silto-argilosa	0,70	2,4
Areia argilosa	0,60	3,0
Areia argilo-siltosa	0,50	2,8
Silte	0,40	3,0
Silte arenoso	0,55	2,2
Silte areno-argiloso	0,45	2,8
Silte argiloso	0,23	3,4
Silte argilo-siltoso	0,25	3,0
Argila	0,20	6,0
Argila arenosa	0,35	2,4
Argila aerno-siltosa	0,30	2,8
Argila siltosa	0,22	4,0
Argila silto-arenosa	0,33	3,0

fonte: Tabela 4.10 – capítulo 4-Fundações Profundas – UFC. Disponível em www.lmsp.ufc.br/arquivos/graduacao/fundacao/apostila/04.pdf. Acessado em 12/2018

Tabela 23: Valores dos coeficientes F_1 e F_2 propostos por Aoki e Velloso

Tipo de estaca	F_1	F_2
Franki	2,5	5,0
Pré-moldadas	1,75	3,7
Escavadas	3,0	6,0

fonte: Tabela 4.11 – capítulo 4-Fundações Profundas – UFC. Disponível em www.lmsp.ufc.br/arquivos/graduacao/fundacao/apostila/04.pdf. Acessado em 12/2018

Com o ensaio de SPT é possível estratificar as camadas do solo, identificando o material de composição, assim como determinar sua capacidade de carga, tornando-se essencial para um projeto de fundações adequado e seguro.

Para este trabalho não foi feito um ensaio de SPT prévio, de forma que para o desenvolvimento dos projetos estruturais a fundação considerada foi a estaca escavada devido à sua capacidade usual de resistir a esforços da ordem de 20tf com um diâmetro de 30cm e da ordem de 15tf para diâmetro de 25cm. Sua aplicabilidade deverá ser confirmada após a execução do ensaio SPT, com a verificação do nível do lençol freático assim como a determinação da profundidade necessária.

Segundo os resultados determinados no software TQS referentes ao valor das forças normais nos blocos de fundação usadas para o dimensionamento tem-se:

- bloco 1 estaca com ϕ 25 cm $\rightarrow$ máximo $N_k = 9,83$ tf
- bloco 1 estaca com ϕ 30 cm $\rightarrow$ máximo $N_k = 22,35$ tf
- bloco 2 estacas com ϕ 30cm $\rightarrow$ máximo $N_k = 43,11$ tf

Dessa forma, percebe-se que as resistências usuais das estacas adotadas para a fundação são suficientes para resistir às cargas do projeto.

A armadura necessária para as estacas tem função construtiva e localiza-se no topo para garantir adequada conexão do elemento com o bloco de fundação e um comportamento conjunto. A armadura mínima a ser adotada deve ser composta de bitolas com $\phi 10\text{mm}$ e apresenta valor:

$$A_{\min} = 0,5\% * A_c = 3,53 \text{ cm}^2 \quad (33)$$

Onde A_c : área da seção transversal da estaca de concreto

Com isso, adota-se estribo de $\phi 6,3$ c/ 20cm e uma armadura longitudinal conforme:

5 $\phi 10$ distribuído na estaca $\rightarrow A_s = 4 \text{ cm}^2$, posicionado com aproximadamente 50cm acima da estaca e no mínimo 1m abaixo do topo da estaca.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante a elaboração deste projeto foi possível entender a necessidade da segmentação da engenharia civil em diversos setores, com profissionais habilitados a solucionar os respectivos obstáculos enfrentados. Apesar de a Casa do Caseiro se tratar de uma construção de pequeno porte, o planejamento de seus projetos envolveu elevada complexidade.

O desenvolvimento do projeto arquitetônico permitiu aplicar os conhecimentos adquiridos ao longo do programa Poli-FAU de forma ainda mais intensa, uma vez que foi necessário passar pelas etapas de criação do projeto e atender às limitações impostas pelo contexto (clientes, legislação, custos). A dificuldade encontrada foi principalmente no uso do software *Autodesk Revit Architecture* devido a pouca familiaridade desenvolvida com softwares ao longo da graduação.

O projeto estrutural representou maior dificuldade de elaboração em sua totalidade por tratar de conceitos que envolvem maior quantidade de normas a serem respeitadas, com muitos detalhes e que foram aprendidos de forma simplificada ao longo da graduação. Além das dificuldades teóricas, o desconhecimento sobre as funcionalidades do software escolhido para a modelação estrutural também representaram obstáculos iniciais, sendo necessário buscar o suporte por meio de curso particular do TQS. No entanto, o contato com o software ao longo do desenvolvimento do projeto permitiu verificar a extensão das possibilidades de seu uso para cálculos estruturais, assim como algumas limitações, tais como a necessidade de fazer ajustes no lançamento de armaduras de lajes e nas padronizações sugeridas pelo sistema.

A forma de representação dos projetos também se tornou uma dificuldade uma vez que não foram encontradas definições específicas do conteúdo exigido para apresentação de cada um dos projetos, o que demandou a busca por referências de entregas de projetos arquitetônicos e estruturais reais com profissionais da área, com o intuito de elaborar desenhos adequados para a execução do projeto.

O uso do *Autodesk Revit Architecture* foi limitado ao desenvolvimento do projeto arquitetônico. No entanto, o software pode ser aplicado para compatibilizar todos os projetos de subsistemas, de forma a elaborar uma construção de forma integrada,

planejada e com menos riscos de necessidade de ajustes, sendo a aplicação do mesmo e de semelhantes ideal na construção civil.

Na elaboração deste projeto, não foi considerado o levantamento planialtimétrico que fornece maior precisão com relação aos declives existentes, cálculo de escavações e movimentações de terra necessários. Além disso, um estudo do solo prévio também não foi executado (ensaio SPT), o que impediu a classificação do solo na região e a determinação de suas capacidades de cargas, informações importantes para o cálculo das estruturas de fundações. Dessa forma, foram consideradas simplificações para estes projetos, adotando estimativas para o levantamento planialtimétrico e elementos de fundações a favor da segurança devido ao desconhecimento sobre o solo. No caso da construção da Casa do Caseiro, por tratar-se de uma obra de pequeno porte, essas simplificações não devem representar grandes problemas e incoerências, no entanto tratam-se de estudos essenciais para o desenvolvimento de projetos de qualidade em obras de médio e grande porte.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AGÊNCIA GOIANA DE TRANSPORTES E OBRAS. **Critérios e Normas para Orçamento de Obras Civis Utilizados pela AGETOP**. Goiânia, 2006.

ALMEIDA, L. C. D. **Notas de Aula ec 802**. Campinas: Unicamp, 2006. Disponível em:

<www.fec.unicamp.br/~almeida/ec802/Blocos%20sobre%20estacas/Blocos_sobre_estacas.pdf>. Acessado em 11/2018.

ALONSO, U.R. **Exercícios de Fundações**. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 5ª Edição, 1987, 201p.

ALVA, G.M.S. **Estados Limites de Serviço Segundo a NBR 6118**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria - Departamento de Estruturas e Construção Civil.

ARAÚJO, J. M. **Alvenaria Estrutural**. FURG, 2009

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120**: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. ABNT. Rio de Janeiro. 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123**: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6492**: Representação de projetos de arquitetura. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13531**: Elaboração de projetos de edificações – Atividades técnicas. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13532**: Elaboração de projetos de edificações – Arquitetura. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8681**: Ações e segurança nas estruturas - Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7480**: Aço destinado a armaduras para estruturas. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122**: Projeto e Execução de Fundações. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15812-1**: Alvenaria Estrutural – Blocos Cerâmicos Parte 1: Projetos. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: Edificações Habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

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

BASTOS, P. S. D. S. **Fundamentos do Concreto Armado**. Bauru: Unesp, 2006.

BISELLI, M. **Teoria e Prática do Partido arquitetônico**. 2011. Disponível em <www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/12.134/3974>. Acessado em 10/2018

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Sumário De Publicações E Documentação Do SINAPI**. Disponível em <http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_664>. Acesso em 10/2018.

CHOLFE, L.; BONILHA, L. **Concreto Protendido: Teoria e Prática**. 1 ed. São Paulo: Pini, 2013. 337 p.

COTIA, **Lei Complementar nº 95**, de 24 de Junho de 2008

COTIA, **Lei Complementar nº 72**, de 02 de Janeiro de 2007

COTIA, **Lei nº 48/84**, de 09 de Novembro de 1984

COTIA, **Lei nº 1793**, de 12 de Novembro de 2013

FARIA, P.B.; LADEIRA, V.L. **Projeto de Edifício Residencial Unifamiliar com Emprego do Modelo BIM**. São Paulo: EPUSP, 2016

FILHO, A.C. **Projeto de escadas de concreto armado**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Departamento de Engenharia Civil, 2014.

FLACH, R.S. **Estrutura para telhados: Análise técnica de soluções**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Departamento de Engenharia Civil, 2012.

FRANCO, L. S. **Notas de Aula: PCC 2515 – Alvenaria Estrutural**. São Paulo: EPUSP

GUARALDO, M. **Estruturando da melhor maneira**. Construção do começo ao fim. São Paulo. 2016. p.82 – 85

KALIL, S. M. P. **Alvenaria Estrutural**. Porto Alegre: PUCRS.

LEMOES, C. **O que é arquitetura**. São Paulo: Brasiliense, 2003

LAGE, A.L. **Mais que fundamentais**. Construção do começo ao fim. São Paulo. 2016. p.90 – 83

MATTOS, A. D. **Blogs Pini**, 30 abr. 2014. Disponível em: <<http://blogs.pini.com.br/posts/Engenharia-custos/como-trabalhar-com-empolamento-e-contracao-311252-1.aspx>>. Acessado em 10/2018

MELGES, J.L.P.; PINHEIRO, L.M.; GIONGO, J.S. **Concreto armado: escadas**. São Carlos: EESC, 1997.

Notas de Aula: PEF 2303 – Estruturas de Concreto I. São Paulo: EPUSP, 2005.

Notas de Aula: PEF 2304 – Estruturas de Concreto II. São Paulo: EPUSP, 2005.

SÃO PAULO, **Decreto n. 12.342**, de 27 de Setembro de 1978

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. **Capítulo 4-Fundações Profundas**. Ceará. Disponível em < www.lmsp.ufc.br/arquivos/graduacao/fundacao/apostila/04.pdf >. Acessado em 12/2018.

VELLOSO, D. D. A.; LOPES, F. D. R. **Fundações**: Critérios de projeto – investigação do Solo – Fundações superficiais. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 225p. v. 1.

VENÂNCIO, H. **Minha casa sustentável: guia para uma construção residencial responsável**. 2ed. Brasil: Zambioni, 2010. 230 p. v.1

APÊNDICE

APÊNDICE A – PADRÃO DE PROJETO

Este apêndice visa definir o padrão de nomenclatura adotado para os projetos apresentados.

TF – XXX – YY – FZZ

(I) XXX indica o subsistema a que o projeto se refere, sendo:

ARQ – Arquitetônico

EST – Estrutural

FUN – Fundação

(II) YY indica o tipo do desenho do documento, sendo

PB – Planta Baixa

DET – Detalhamento

(III) ZZ indica a numeração da folha do documento.

APÊNDICE B – PROJETO ARQUITETÔNICO

Lista de documentos pertencentes a este apêndice:

CÓDIGO

TF – ARQ – PB – F01

TF – ARQ – PB – F02

TF – ARQ – DET – F03

TF – ARQ – DET – F04

TF – ARQ – PB– F05

TF – ARQ – DIV– F06

TF – ARQ – DIV – F07

TF – ARQ – DIV – F08

TF – ARQ – DIV – F09

TÍTULO DO DESENHO

Planta baixa – Pav. Inferior

Planta baixa – Pav. Superior

Planta Baixa - Cobertura

Pavimento inferior – Detalhamento

Pavimento Superior - Detalhamento

Muro de Divisa

Elevações 1

Elevações 2

Modelo 3D

APÊNDICE C – PROJETO ESTRUTURAL

CÓDIGO	TÍTULO DO DESENHO
TF - EST - PB - F1	Planta de Fôrmas - Pav. Inferior
TF - EST - DET - F2	Montagem treliças - Pav. Inferior
TF - EST - DET - F3	Armadura Lajes - Pav. Inferior
TF - EST - DET - F4	Armadura Lajes - Pav. Inferior
TF - EST - DET - F5	Armadura Lajes - Pav. Inferior
TF - EST - DET - F6	Armadura Lajes - Pav. Inferior
TF - EST - PB - F7	Planta de Fôrmas - Pav. Superior
TF - EST - DET - F8	Montagem treliças - Pav. Superior
TF - EST - DET - F9	Armadura Lajes - Pav. Superior
TF - EST - DET - F10	Armadura Lajes - Pav. Superior
TF - EST - DET - F11	Armadura Lajes - Pav. Superior
TF - EST - DET - F12	Armadura Lajes - Pav. Superior
TF - EST - PB - F13	Planta de Fôrmas – Cobertura
TF - EST - DET - F14	Montagem treliças – Cobertura
TF - EST - DET - F15	Armadura Lajes - Cobertura
TF - EST - DET - F16	Armadura Lajes - Cobertura
TF - EST - DET - F17	Armadura Lajes - Cobertura
TF - EST - DET - F18	Armadura Lajes - Cobertura
TF - EST - DET - F19	Armadura Vigas – Cobertura
TF - EST - DET - F20	Armadura Vigas – Cobertura
TF - EST - DET - F21	Armadura Vigas – Cobertura
TF - EST - DET - F22	Armadura Vigas – Cobertura
TF - EST - DET - F23	Armadura Vigas – Pav. Superior
TF - EST - DET - F24	Armadura Vigas – Pav. Superior
TF - EST - DET - F25	Armadura Vigas – Pav. Superior
TF - EST - DET - F26	Armadura Vigas – Pav. Superior
TF - EST - DET - F27	Armadura Vigas – Pav. Inferior
TF - EST - DET - F28	Armadura Vigas – Pav. Superior
TF - EST - DET - F29	Armadura Vigas – Pav. Superior
TF - EST - DET - F30	Armadura Pilares
TF - EST - DET - F31	Armadura Pilares
TF - EST - DET - F32	Armadura Pilares
TF - EST - DET - F33	Armadura Pilares

APÊNDICE D – PROJETO DE FUNDAÇÕES

Lista de documentos pertencentes a este apêndice:

CÓDIGO	TÍTULO DO DESENHO
TF – FUN – DET – F01	Armadura Fundação – Pav. Superior
TF – FUN – DET – F02	Armadura Fundação – Pav. Inferior
TF – FUN – DET – F03	Armadura Fundação – Pav. Inferior
TF – FUN – DET – F04	Armadura Fundação – Pav. Inferior
TF – FUN – DET – F05	Armadura Fundação – Pav. Inferior



ENGENHARIA CIVIL - ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

TRABALHO DE FORMATURA II - 2018

PROJETO DE CONSTRUÇÃO DE CASA DE CASEIRO

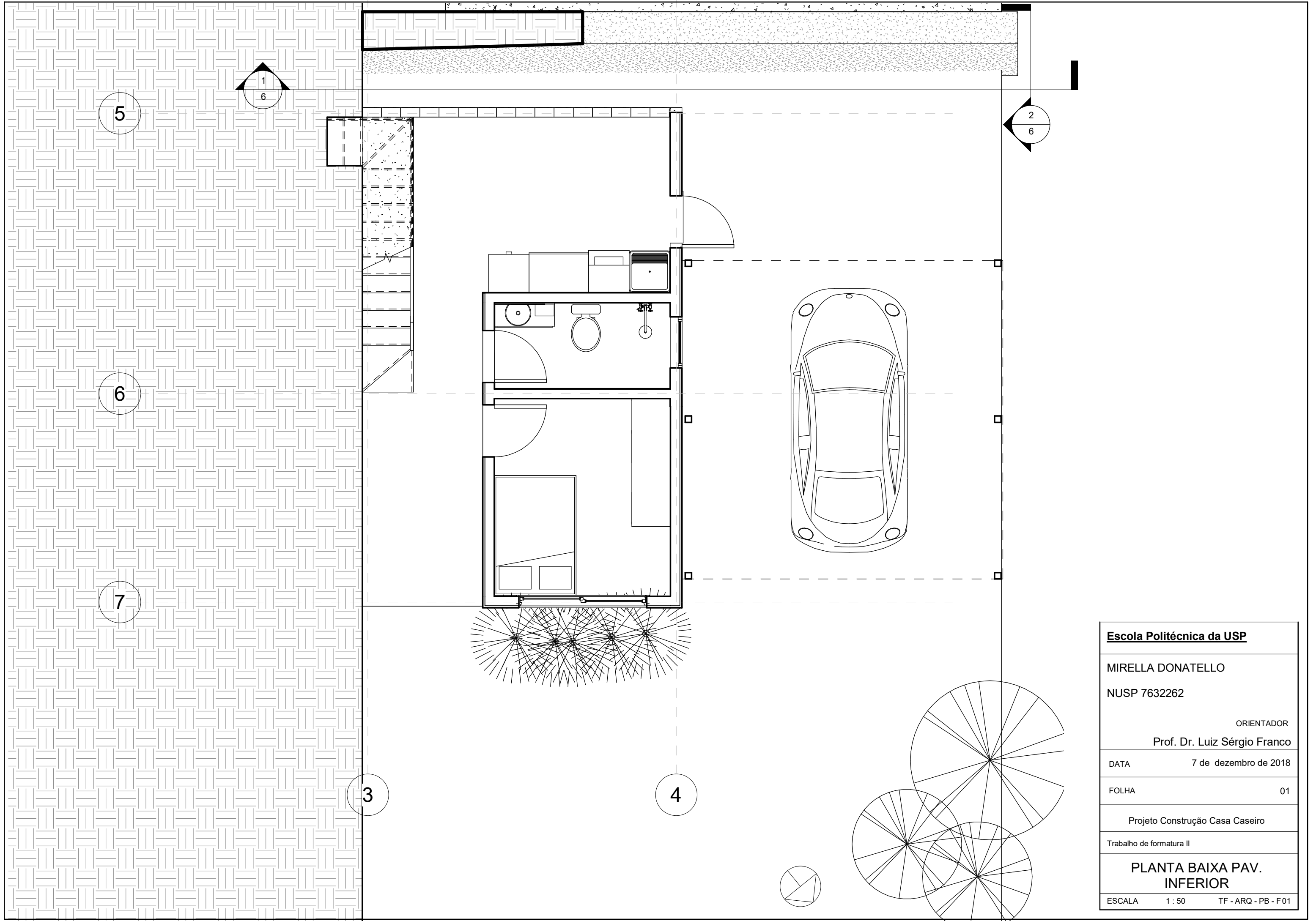
CADERNO DE DESENHOS

MIRELLA DONATELLO

NUSP 7632262

PROF. DR. LUIZ SÉRGIO FRANCO

PCC - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE CONSTRUÇÃO CIVIL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA USP



Escola Politécnica da USP

MIRELLA DONATELLO

NUSP 7632262

ORIENTADOR

Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco

DATA 7 de dezembro de 2018

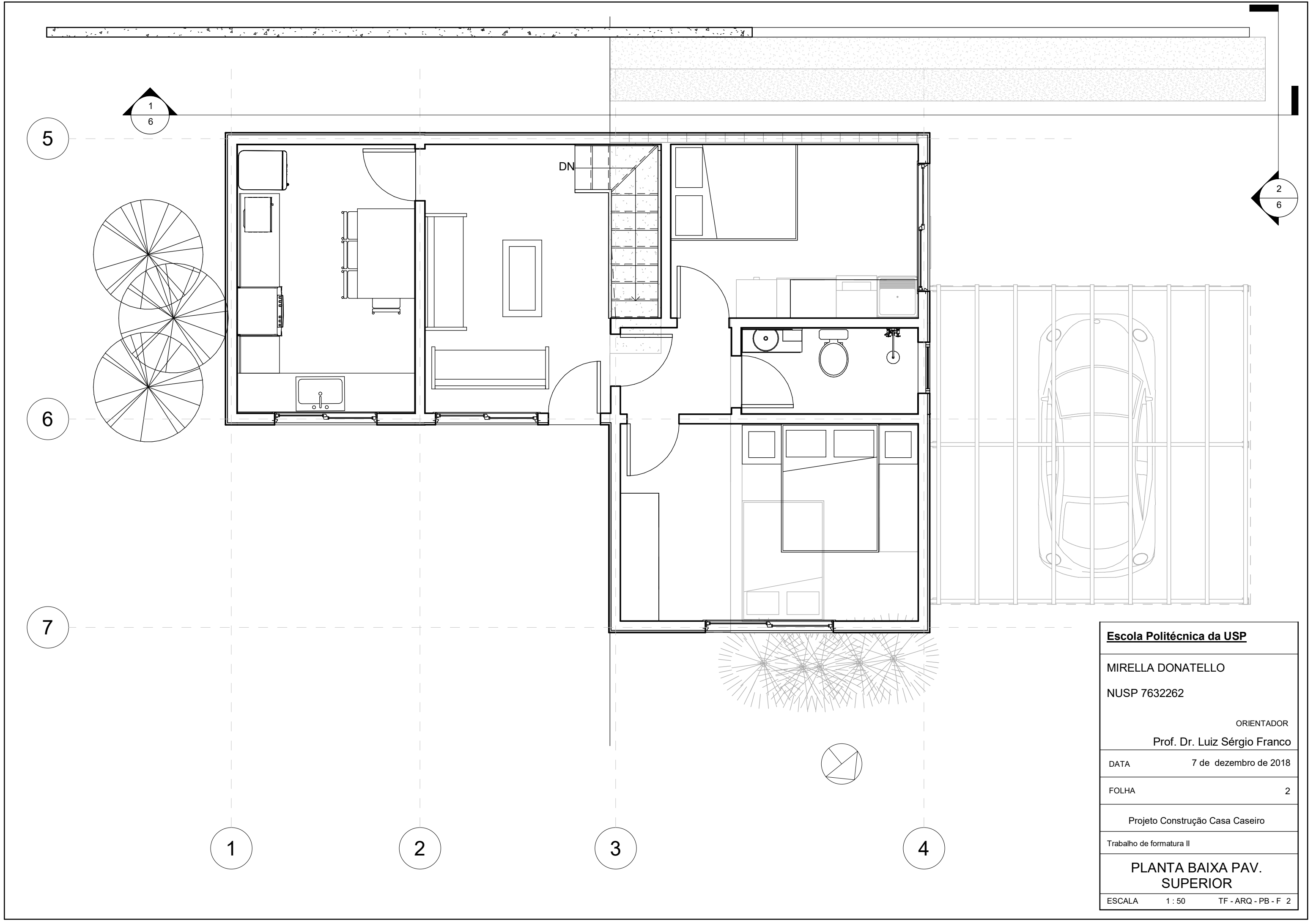
FOLHA 01

Projeto Construção Casa Caseiro

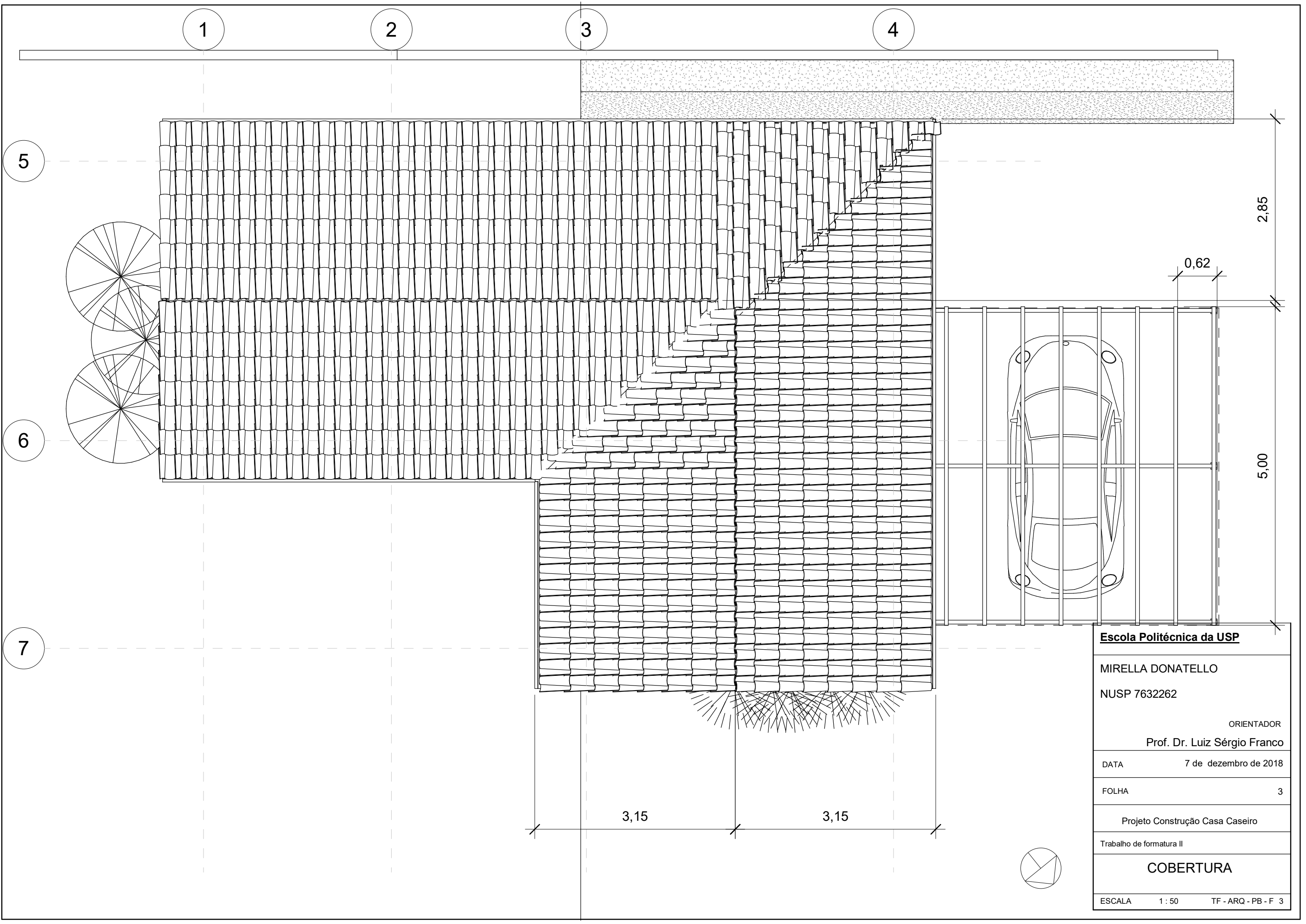
Trabalho de formatura II

**PLANTA BAIXA PAV.
INFERIOR**

ESCALA 1 : 50 TF - ARQ - PB - F01



Escola Politécnica da USP	
MIRELLA DONATELLO	
NUSP 7632262	
ORIENTADOR Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco	
DATA	7 de dezembro de 2018
FOLHA	2
Projeto Construção Casa Caseiro	
Trabalho de formatura II	
PLANTA BAIXA PAV. SUPERIOR	
ESCALA	1 : 50 TF - ARQ - PB - F 2



Escola Politécnica da USP	
MIRELLA DONATELLO	
NUSP 7632262	
ORIENTADOR	
Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco	
DATA	7 de dezembro de 2018
FOLHA	3
Projeto Construção Casa Caseiro	
Trabalho de formatura II	
COBERTURA	
ESCALA	1 : 50
TF - ARQ - PB - F 3	

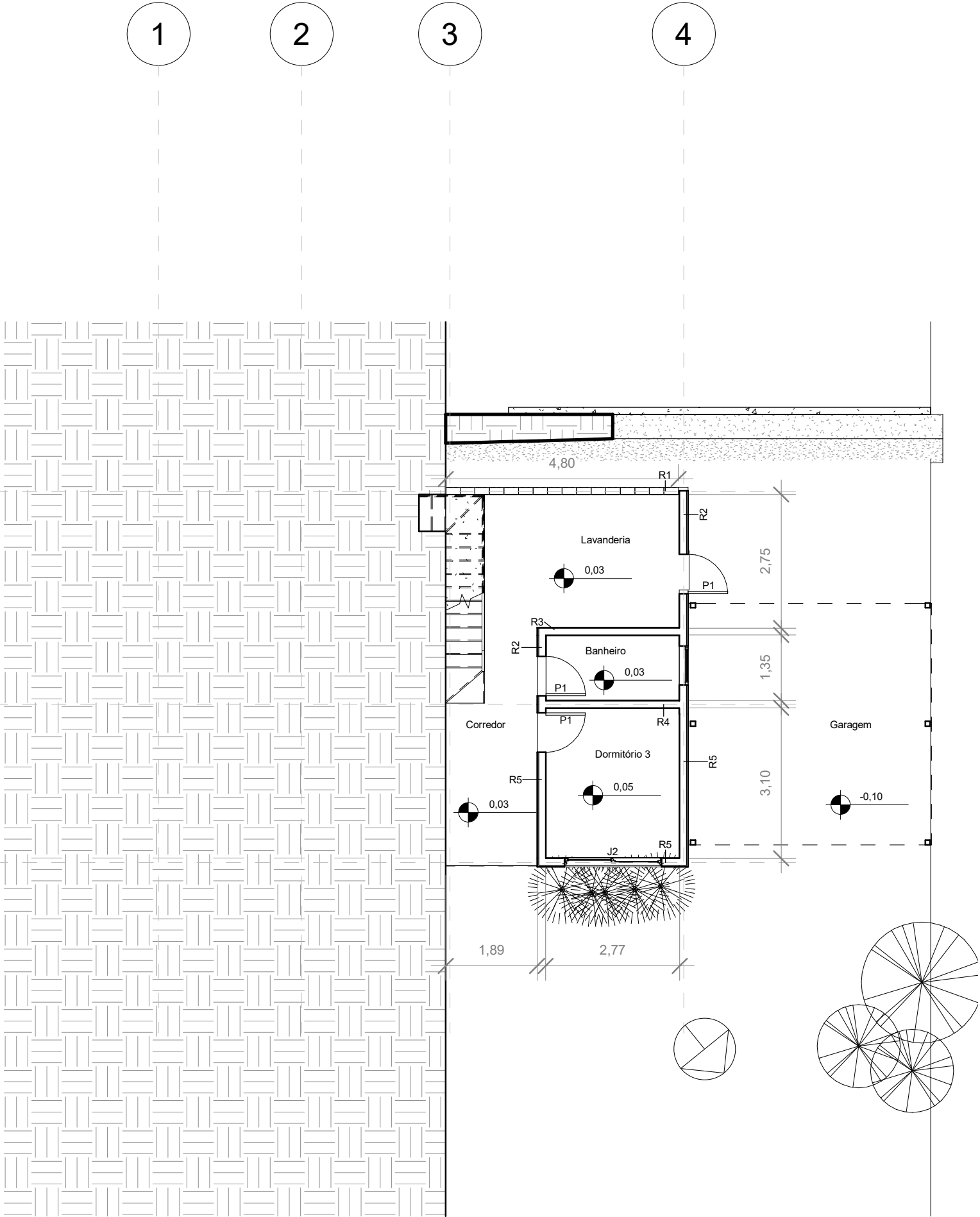


Tabela de janela				
Modelo	Quantidade	Altura do peitoril (m)	Altura (m)	Largura (m)
J1	2	1,25	1,00	1,60
J2	3	1,25	1,00	2,00
J3	2	1,17	1,40	0,80

Tabela de paredes			
Modelo	Tipo	Qnt.	Revestimentos
R1	Cobogó	1	elemento vazado, pré moldado de concreto
R2	TF - ARQ - Parede externa x molhada	6	monocamada - reboco - chapisco - bloco cerâmico - argamassa colante - azulejo
R3	TF - ARQ - Parede molhada x molhada	1	azulejo - argamassa colante - bloco cerâmico - argamassa colante - azulejo
R4	TF - ARQ - Parede molhada x seca	5	azulejo - argamassa colante - bloco cerâmico - gesso liso
R5	TF - ARQ - Parede Externa x seca	9	monocamada - reboco - chapisco - bloco cerâmico - gesso liso
R6	TF - ARQ - Parede seca x seca	4	gesso liso - bloco cerâmico - gesso liso

Tabela de Portas			
Tipo	Quantidade	Altura (m)	Largura (m)
P1	9	2,13	0,81

Tabela de ambiente	
Nome	Área
Banheiro	4 m²
Corredor	9 m²
Cozinha	12 m²
Distribuição	2 m²
Dormitório 1	14 m²
Dormitório 2	11 m²
Dormitório 3	9 m²
Garagem	25 m²
Lavanderia	13 m²
Sala	12 m²

Escola Politécnica da USP	
MIRELLA DONATELLO	
NUSP 7632262	
ORIENTADOR	
Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco	
DATA	7 de dezembro de 2018
FOLHA	4
Projeto Construção Casa Caseiro	
Trabalho de formatura II	
PAV. INFERIOR DIMENSÕES	
ESCALA	1 : 100
TF - ARQ - DET - F4	

Tabela de paredes			
Modelo	Tipo	Qty.	Revestimentos
R1	Cobogó	1	elemento vazado, pré moldado de concreto
R2	TF - ARQ - Parede externa x molhada	6	monocamada - reboco - chapisco - bloco cerâmico - argamassa colante - azulejo
R3	TF - ARQ - Parede molhada x molhada	1	azulejo - argamassa colante - bloco cerâmico - argamassa colante - azulejo
R4	TF - ARQ - Parede molhada x seca	5	azulejo - argamassa colante - bloco cerâmico - gesso liso
R5	TF - ARQ - Parede Externa x seca	9	monocamada - reboco - chapisco - bloco cerâmico - gesso liso
R6	TF - ARQ - Parede seca x seca	4	gesso liso - bloco cerâmico - gesso liso

Tabela de janela				
Modelo	Quantidade	Altura do peitoril (m)	Altura (m)	Largura (m)
J1	2	1,25	1,00	1,60
J2	3	1,25	1,00	2,00
J3	2	1,17	1,40	0,80

Tabela de Portas			
Tipo	Quantidade	Altura (m)	Largura (m)
P1	9	2,13	0,81

Tabela de ambiente	
Nome	Área

Banheiro	4 m²
Corredor	9 m²
Cozinha	12 m²
Distribuição	2 m²
Dormitório 1	14 m²
Dormitório 2	11 m²
Dormitório 3	9 m²
Garagem	25 m²
Lavanderia	13 m²
Sala	12 m²

Escola Politécnica da USP

MIRELLA DONATELLO

NUSP 7632262

ORIENTADOR

Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco

DATA 7 de dezembro de 2018

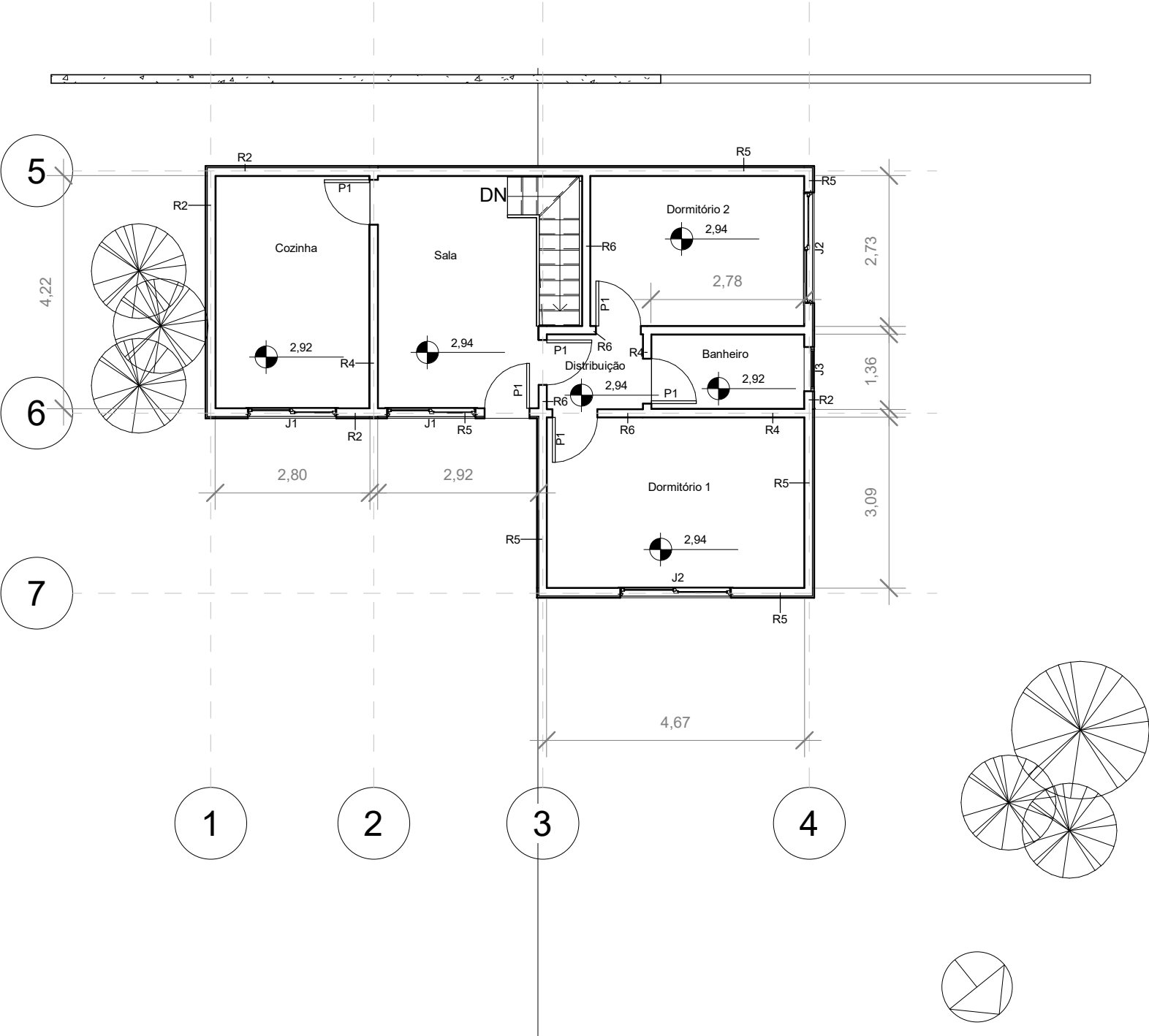
FOLHA 5

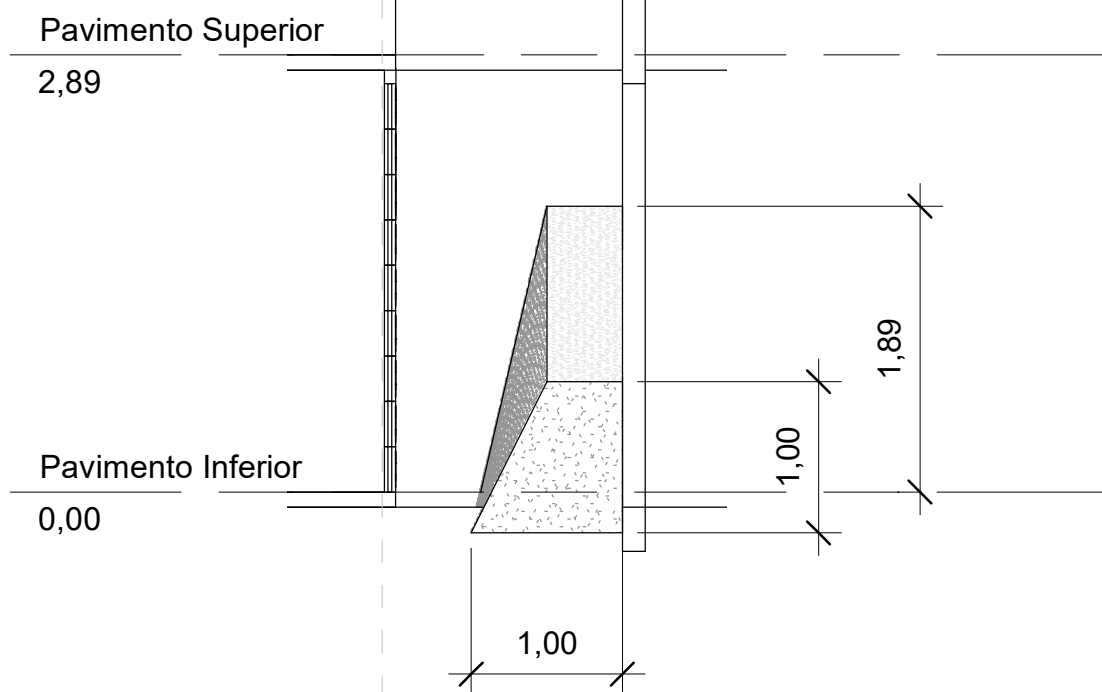
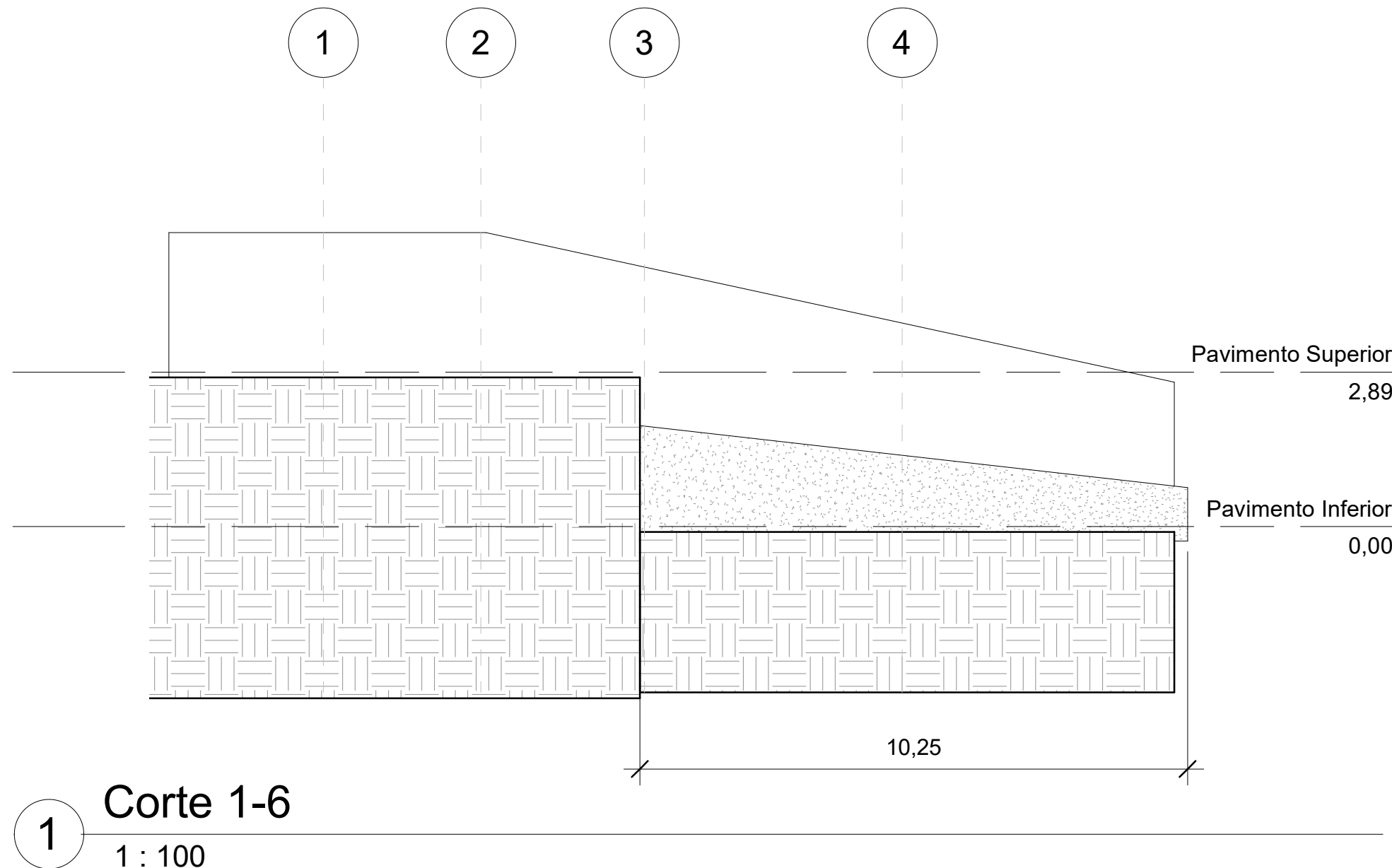
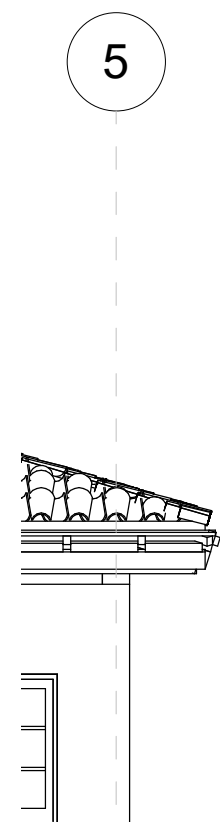
Projeto Construção Casa Caseiro

Trabalho de formatura II

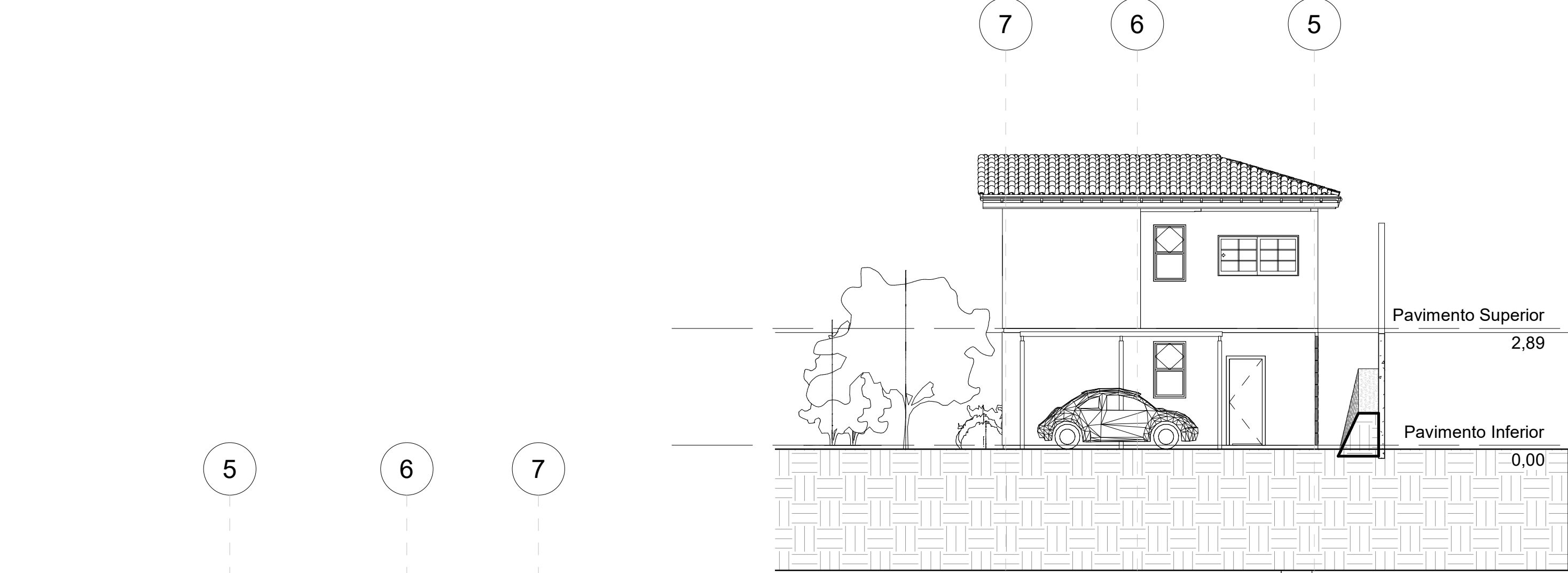
PAV. SUPERIOR
DIMENSÕES

ESCALA 1 : 100 TF - ARQ - DET - F5

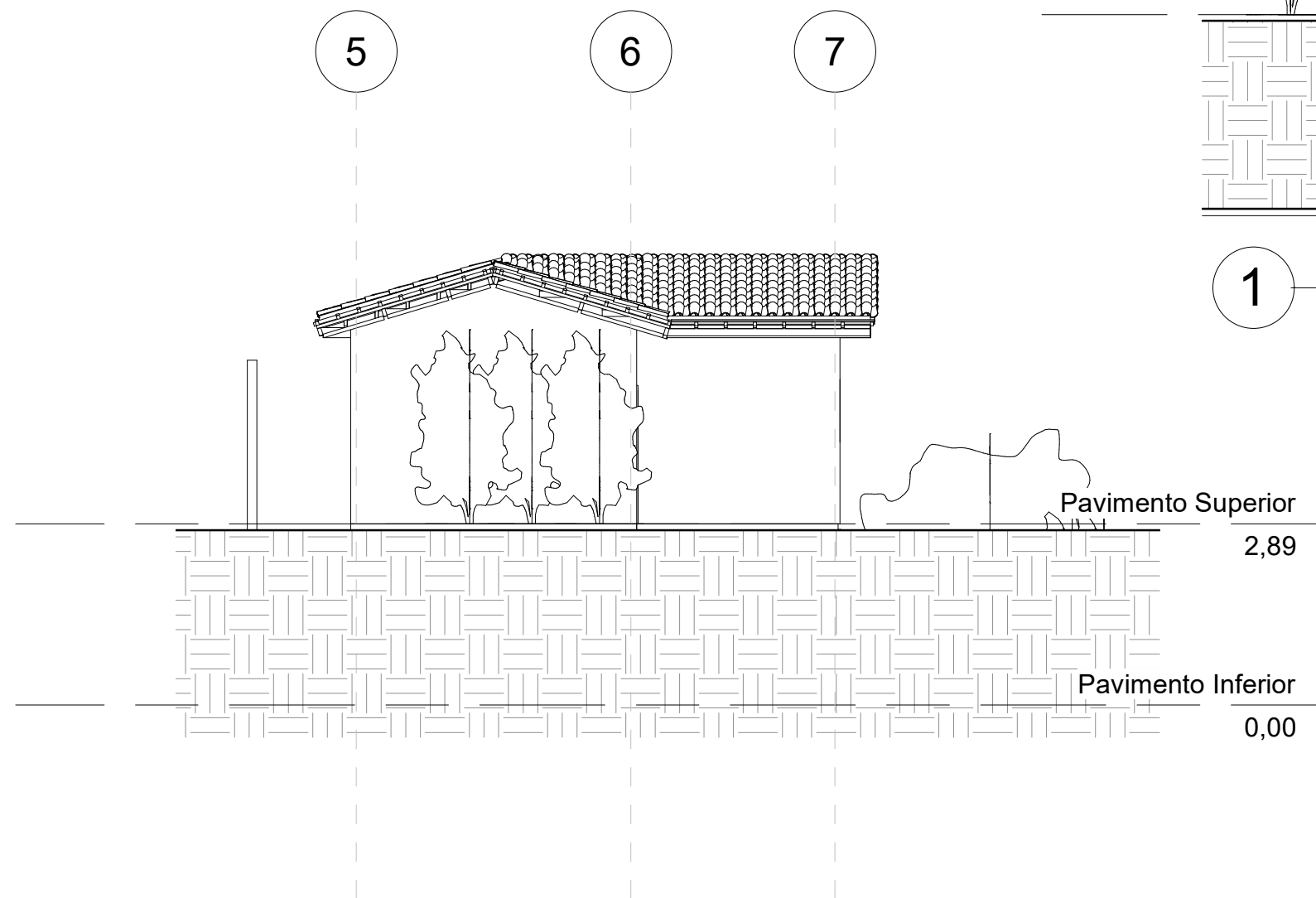




<u>Escola Politécnica da USP</u>		
MIRELLA DONATELLO		
NUSP 7632262		
ORIENTADOR		
Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco		
DATA	7 de dezembro de 2018	
FOLHA	6	
Projeto Construção Casa Caseiro		
Trabalho de formatura II		
MURO DIVISA		
ESCALA	Como indicado	TF - ARQ - DET - F6

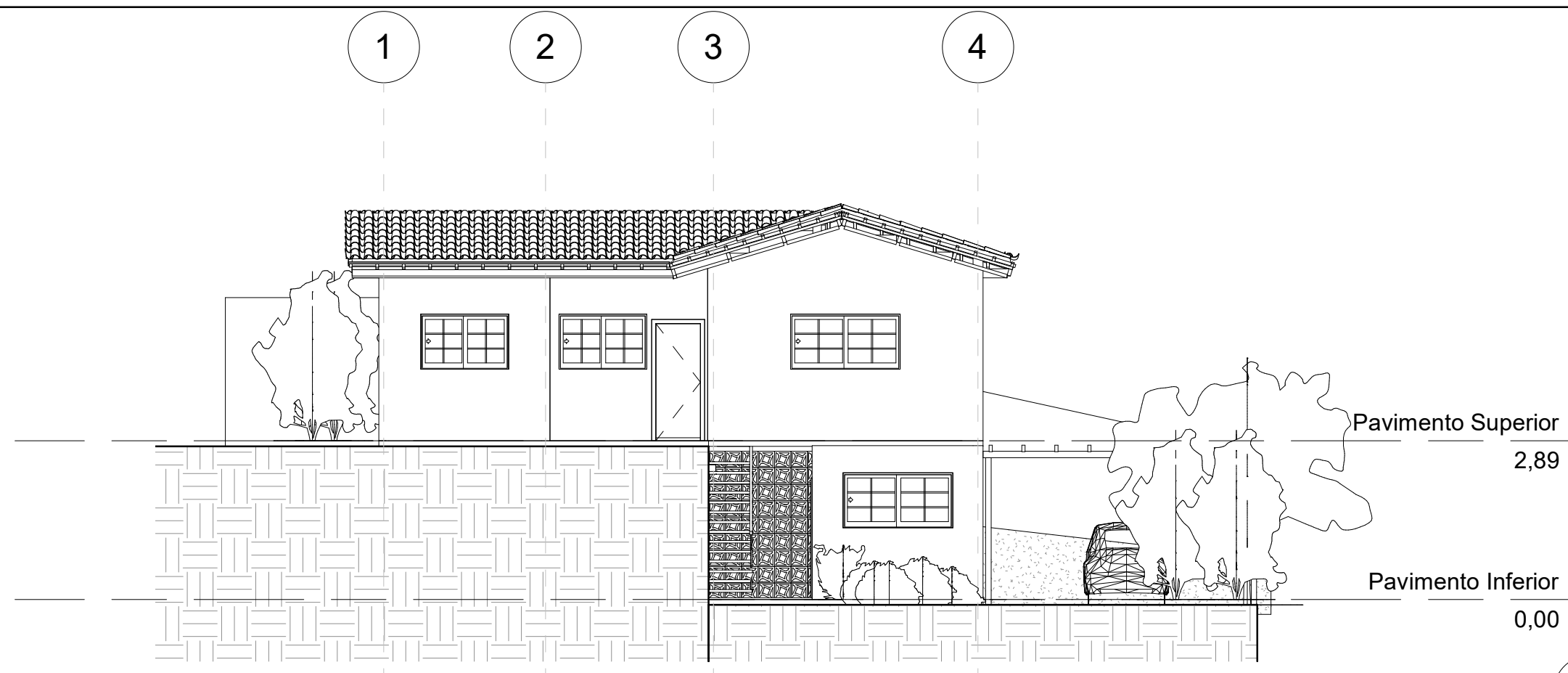


1 Fachada Lateral - Sudeste
1 : 100

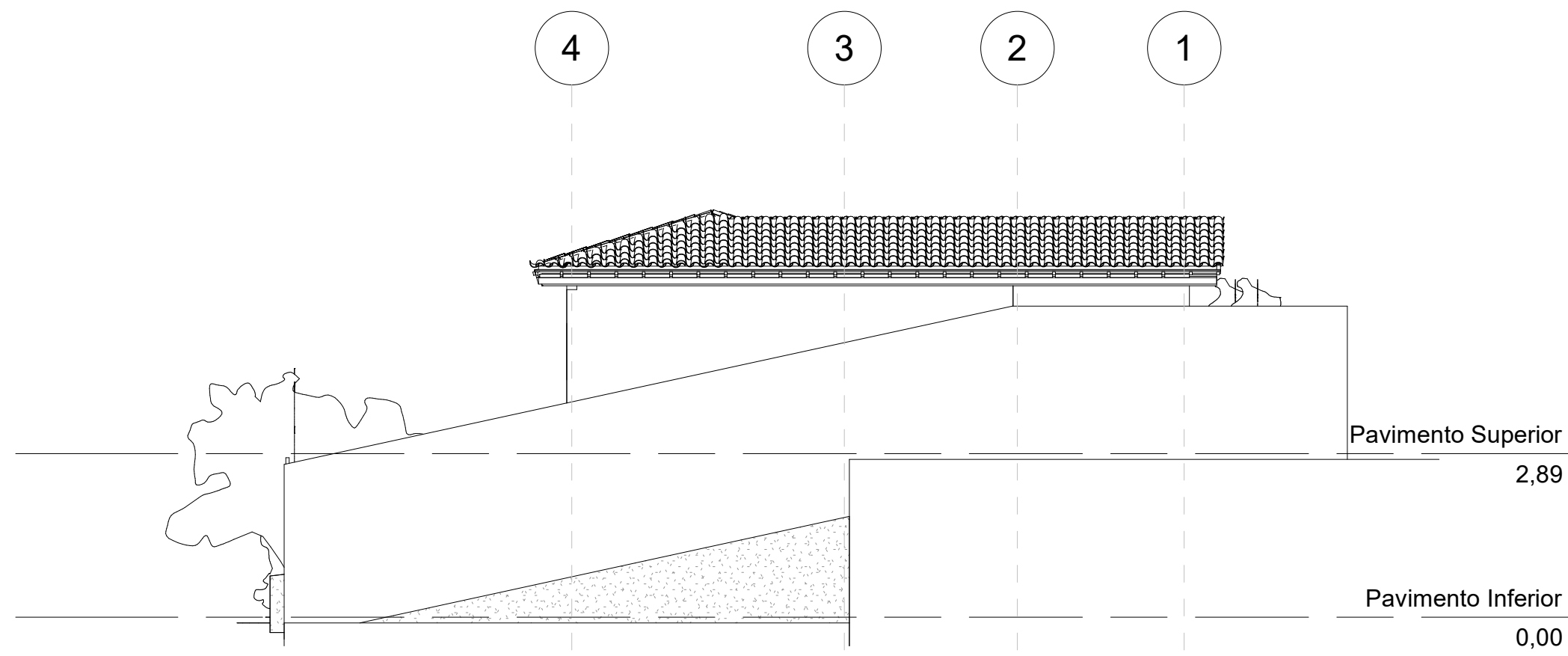


2 Fachada Lateral - Noroeste
1 : 100

Escola Politécnica da USP	
MIRELLA DONATELLO	
NUSP 7632262	
ORIENTADOR	
Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco	
DATA	7 de dezembro de 2018
FOLHA	7
Projeto Construção Casa Caseiro	
Trabalho de formatura II	
ELEVAÇÕES 1	
ESCALA	1 : 100 TF - ARQ - DET - F7

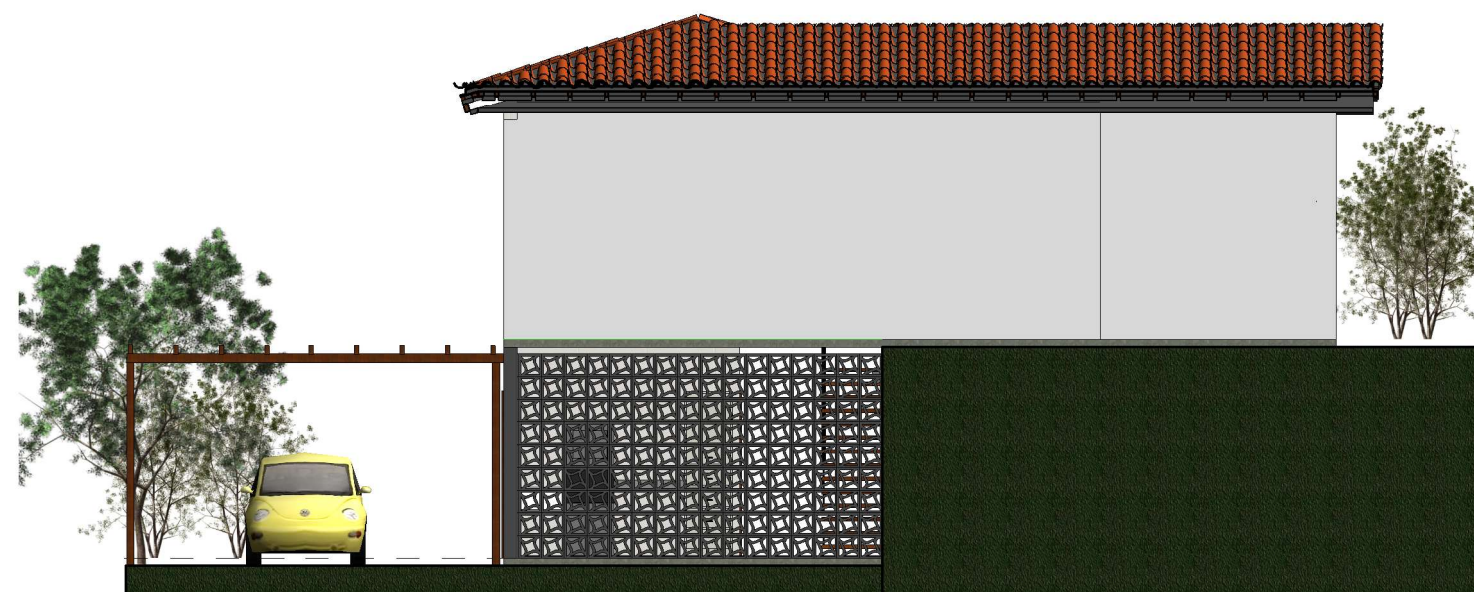


2 Fachada Principal -
Nordeste
1 : 100



1 Fachada Posterior -
Sudoeste
1 : 100

Escola Politécnica da USP	
MIRELLA DONATELLO	
NUSP 7632262	
ORIENTADOR	
Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco	
DATA	7 de dezembro de 2018
FOLHA	8
Projeto Construção Casa Caseiro	
Trabalho de formatura II	
ELEVAÇÕES 2	
ESCALA	1 : 100
TF - ARQ - DET - F8	



3

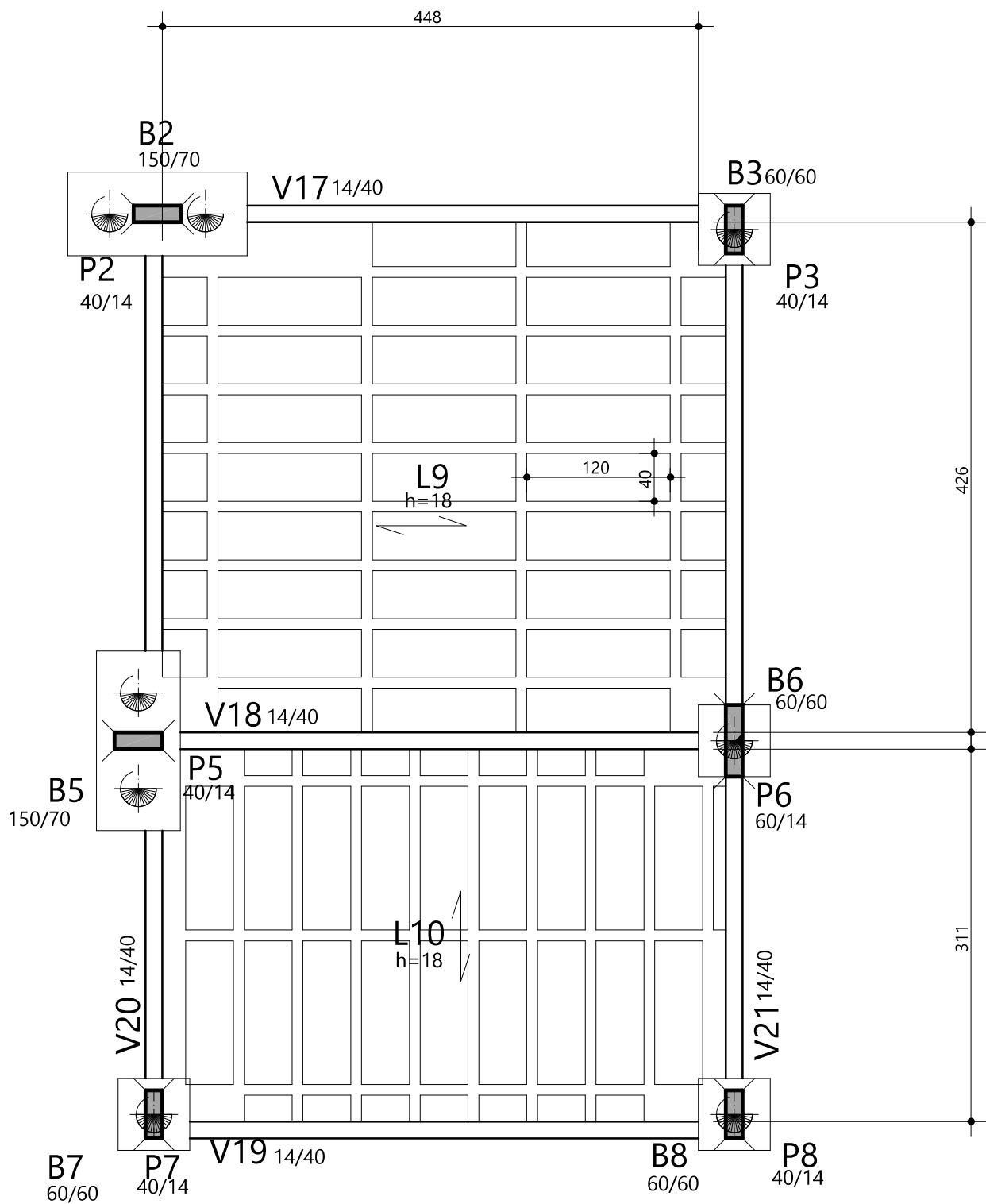
Detalhe - Parede Cobogó

1 : 100



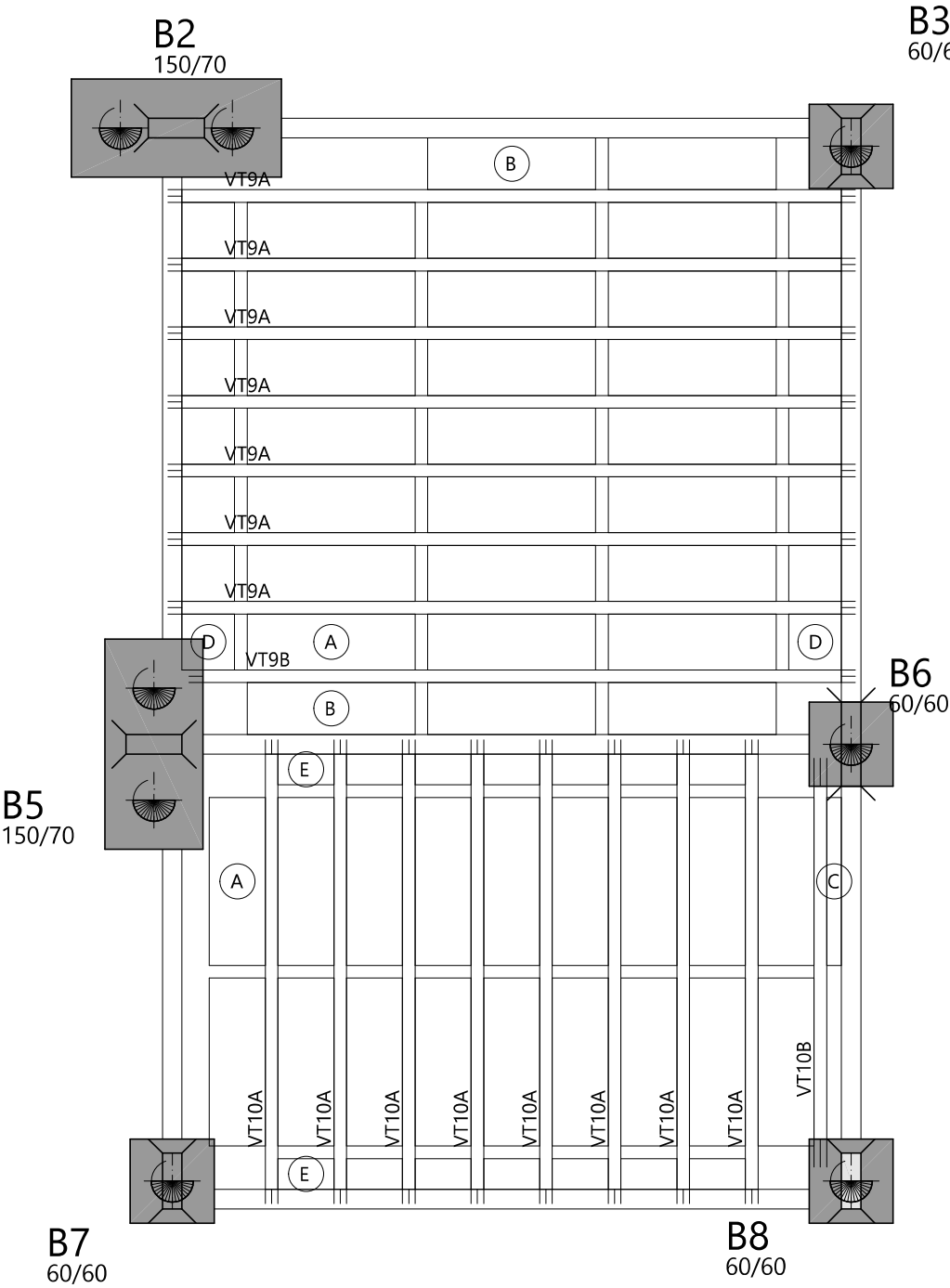
Escola Politécnica da USP	
MIRELLA DONATELLO	
NUSP 7632262	
ORIENTADOR	
Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco	
DATA	7 de dezembro de 2018
FOLHA	9
Projeto Construção Casa Caseiro	
Trabalho de formatura II	
MODELO 3D	
ESCALA	1 : 100 TF - ARQ - DET - F9

Pav. Inferior - Planta de Fôrmas



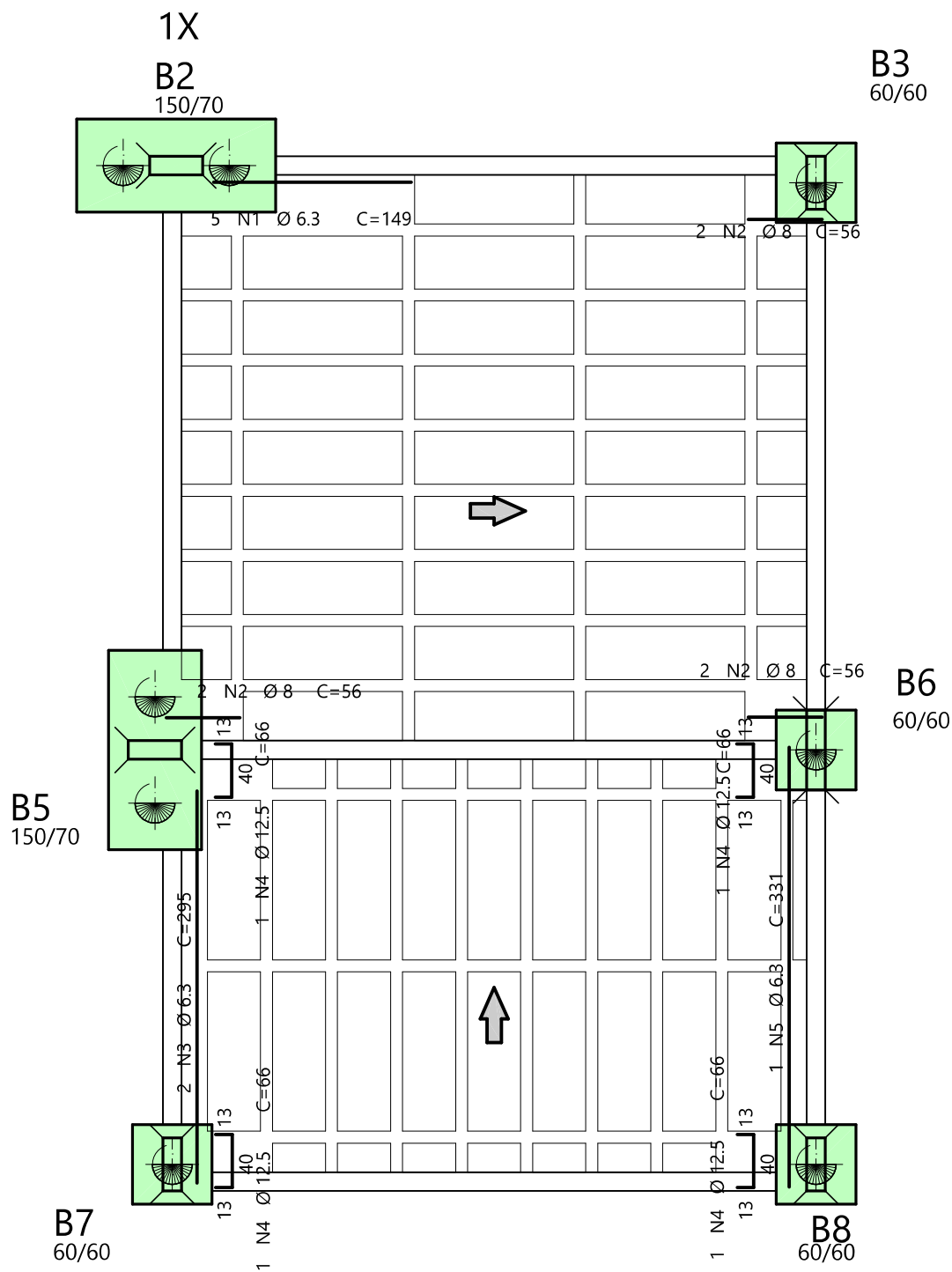
Escola Politécnica da USP	
MIRELLA DONATELLO 7632262	Orientador Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco
DATA 11/2018	CONCRETO fck = MPa
FOLHA 01	
OBRA Projeto de Construção de Casa do Caseiro Trabalho de Formatura II	
TITULO Planta de Fôrmas Pav. Inferior	
ESCALA 1:50	CÓDIGO TF - EST - PB - F01-R00

Pav. Inferior - Montagem treliças



Escola Politécnica da USP		
MIRELLA DONATELLO 7632262	Orientador Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco	
DATA 11/2018	CONCRETO fck = 25	MPa
FOLHA 02		
OBRA	Projeto de Construção de Casa do Caseiro Trabalho de Formatura II	
TITULO	Montagem treliças Pav. Inferior	
ESCALA	CÓDIGO	TF - EST - PB - F02-R00

Pav. Inferior - Armadura positiva principal

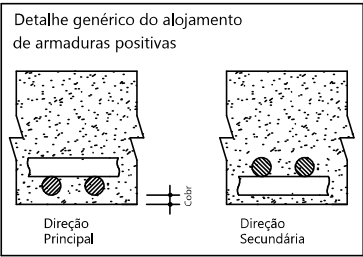
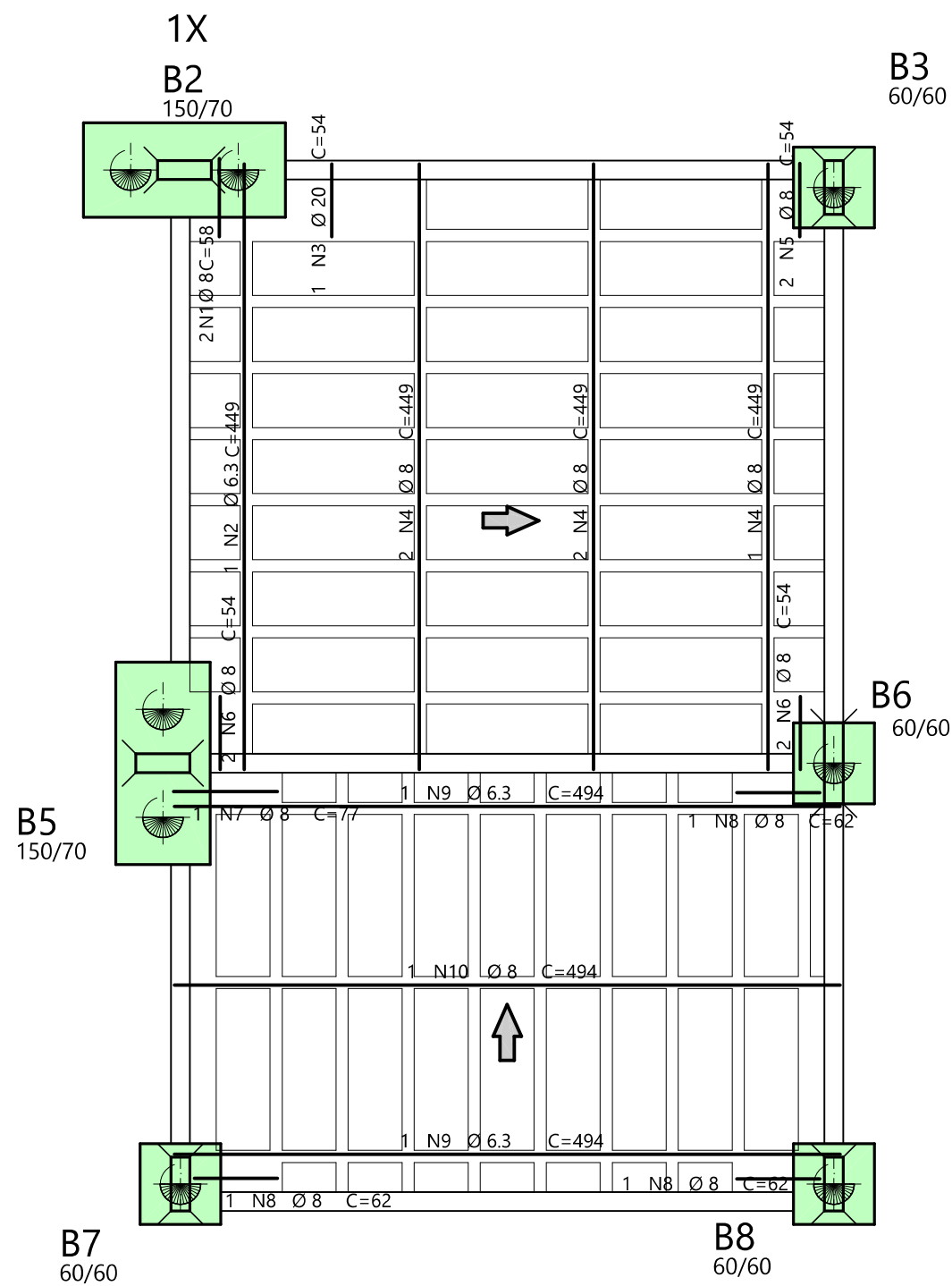


AÇO	POS	BIT (mm)	QUANT	COMPRIMENTO		
				UNIT (cm)	TOTAL (cm)	
Armadura positiva principal☒						
50A	1	6.3	5	149	745	
50A	2	8	6	56	336	
50A	3	6.3	2	295	590	
50A	4	12.5	4	66	264	
50A	5	6.3	1	331	331	

RESUMO DE AÇO			
AÇO	BIT (mm)	COMPR (m)	PESO (kg)
50A	6.3	17	4
50A	8	3	1
50A	12.5	3	3
Peso Total 50A =		8 kg	

Escola Politécnica da USP	
MIRELLA DONATELLO 7632262	Orientador Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco
DATA 11/2018	CONCRETO fck = 25 MPa
FOLHA 03	
OBRA Projeto de Construção de Casa do Caseiro Trabalho de Formatura II	
TITULO Armadura Lajes Pav. Inferior Arm. Positiva Principal	
ESCALA 1:50	CÓDIGO TF - EST - PB - F03-R00

Pav. Inferior - Armadura positiva secundária

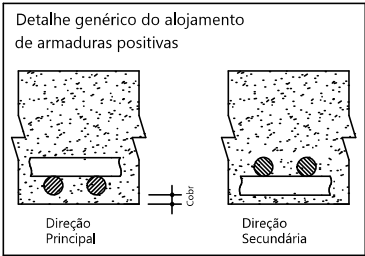
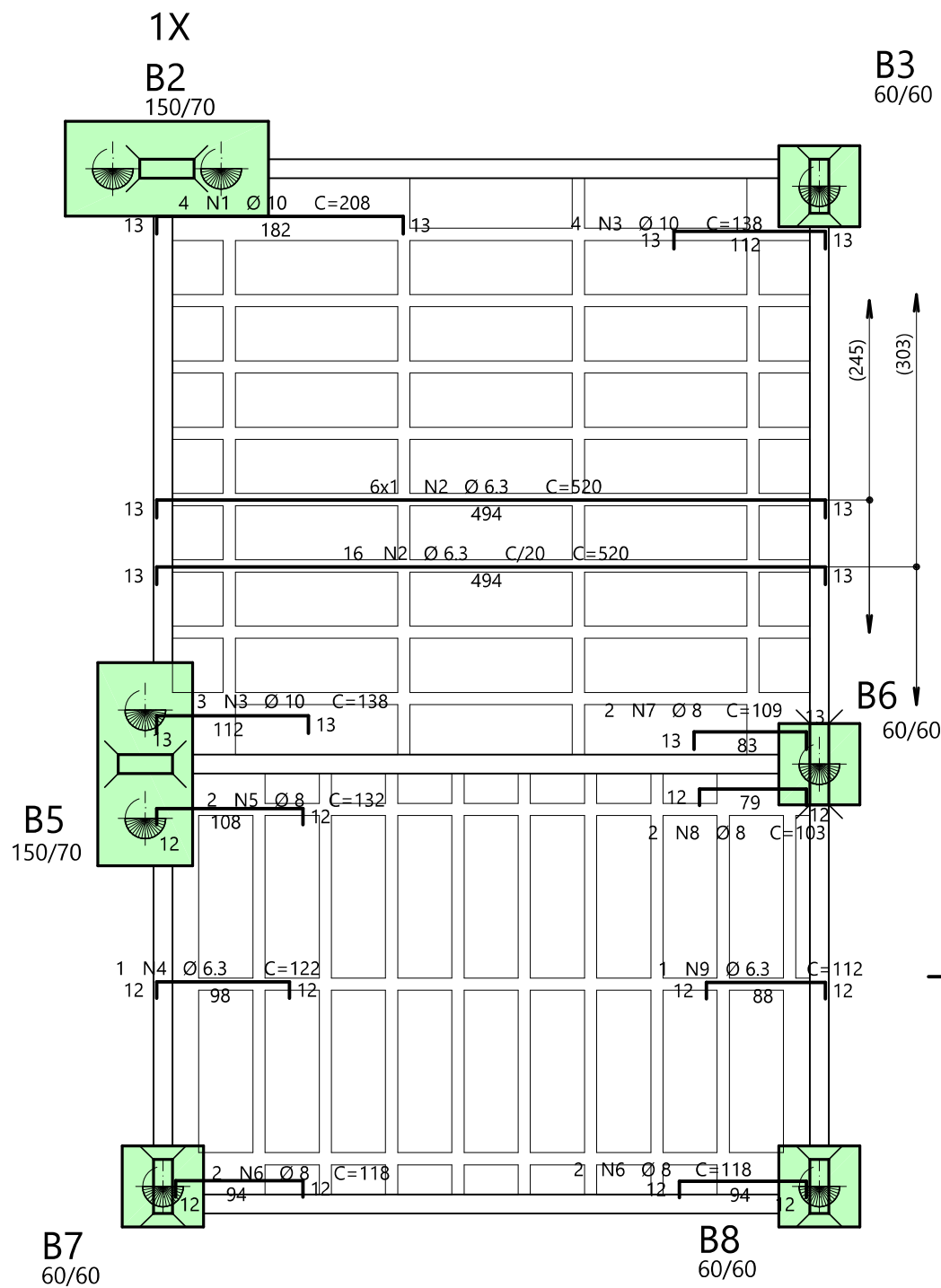


AÇO	POS	BIT (mm)	QUANT	COMPRIMENTO		
				UNIT (cm)	TOTAL (cm)	
Pav. Inferior - Armadura positiva secundária						
50A	1	8	2	58	116	
50A	2	6,3	1	449	449	
50A	3	20	1	54	54	
50A	4	8	5	449	2245	
50A	5	8	2	54	108	
50A	6	8	4	54	216	
50A	7	8	1	77	77	
50A	8	8	3	62	186	
50A	9	6,3	2	494	988	
50A	10	8	1	494	494	

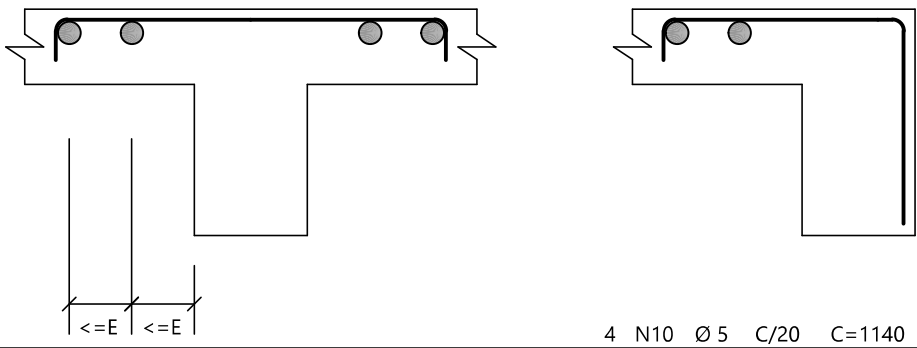
RESUMO DE AÇO			
AÇO	BIT (mm)	COMPR (m)	PESO (kg)
50A	6.3	14	4
50A	8	34	14
50A	20	1	1
Peso Total	50A =		18 kg

Escola Politécnica da USP	
MIRELLA DONATELLO 7632262	Orientador Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco
DATA 11/2018	CONCRETO fck = 25 MPa
FOLHA 04	
OBRA Projeto de Construção de Casa do Caseiro Trabalho de Formatura II	
TITULO Armadura Lajes Pav. Inferior Arm. Principal Secundária	
ESCALA 1:50	CÓDIGO TF - EST - PB - F04-R00

Pav. Inferior - Armadura negativa principal



DETALHE TÍPICO DE FERROS DE DISTRIBUIÇÃO DE ARMADURA NEGATIVA

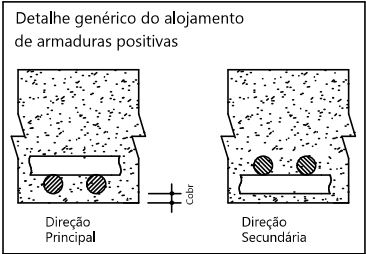
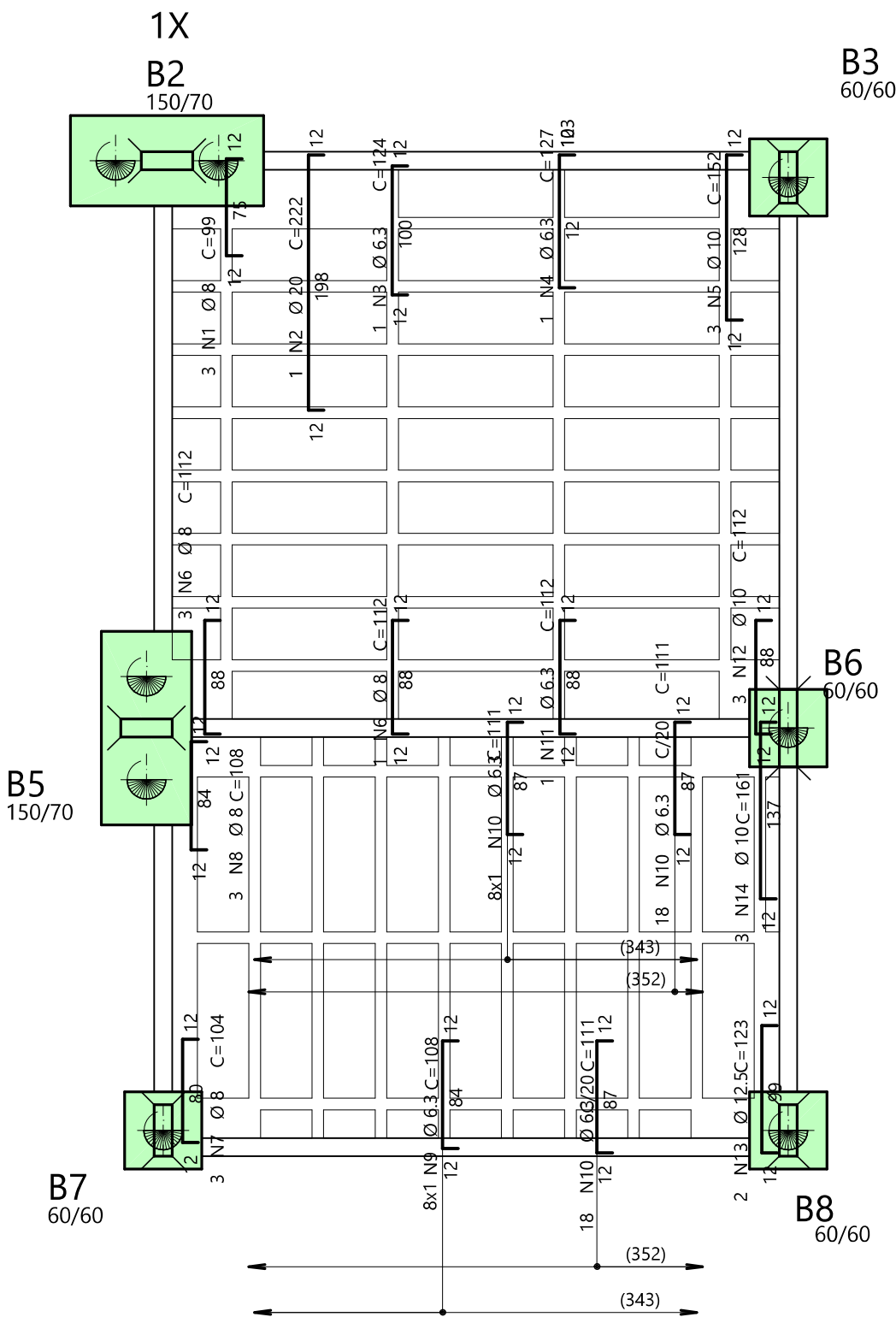


AÇO	POS	BIT (mm)	QUANT	COMPRIMENTO		
				UNIT (cm)	TOTAL (cm)	
Pav. Inferior - Armadura negativa principal						
50A	1	10	4	208	832	
50A	2	6.3	22	520	11440	
50A	3	10	7	138	966	
50A	4	6.3	1	122	122	
50A	5	8	2	132	264	
50A	6	8	4	118	472	
50A	7	8	2	109	218	
50A	8	8	2	103	206	
50A	9	6.3	1	112	112	
60A	10	5	4	1140	4560	

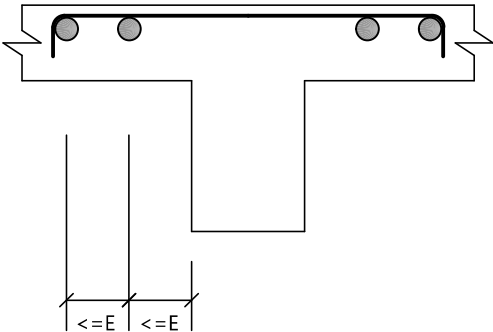
RESUMO DE AÇO			
AÇO	BIT (mm)	COMPR (m)	PESO (kg)
60A	5	46	7
50A	6.3	117	29
50A	8	12	5
50A	10	18	11
Peso Total	60A =		7 kg
Peso Total	50A =		44 kg

Escola Politécnica da USP	
MIRELLA DONATELLO 7632262	Orientador Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco
DATA 11/2018	CONCRETO fck = 25 MPa
FOLHA 05	
OBRA Projeto de Construção de Casa do Caseiro Trabalho de Formatura II	
TITULO Armadura Lajes Pav. Inferior Arm. Negativa Principal	
ESCALA 1:50	CÓDIGO TF - EST - PB - F05-R00

Pav. Inferior - Armadura negativa secundária



DETALHE TÍPICO DE FERROS DE DISTRIBUIÇÃO DE ARMADURA NEGATIVA

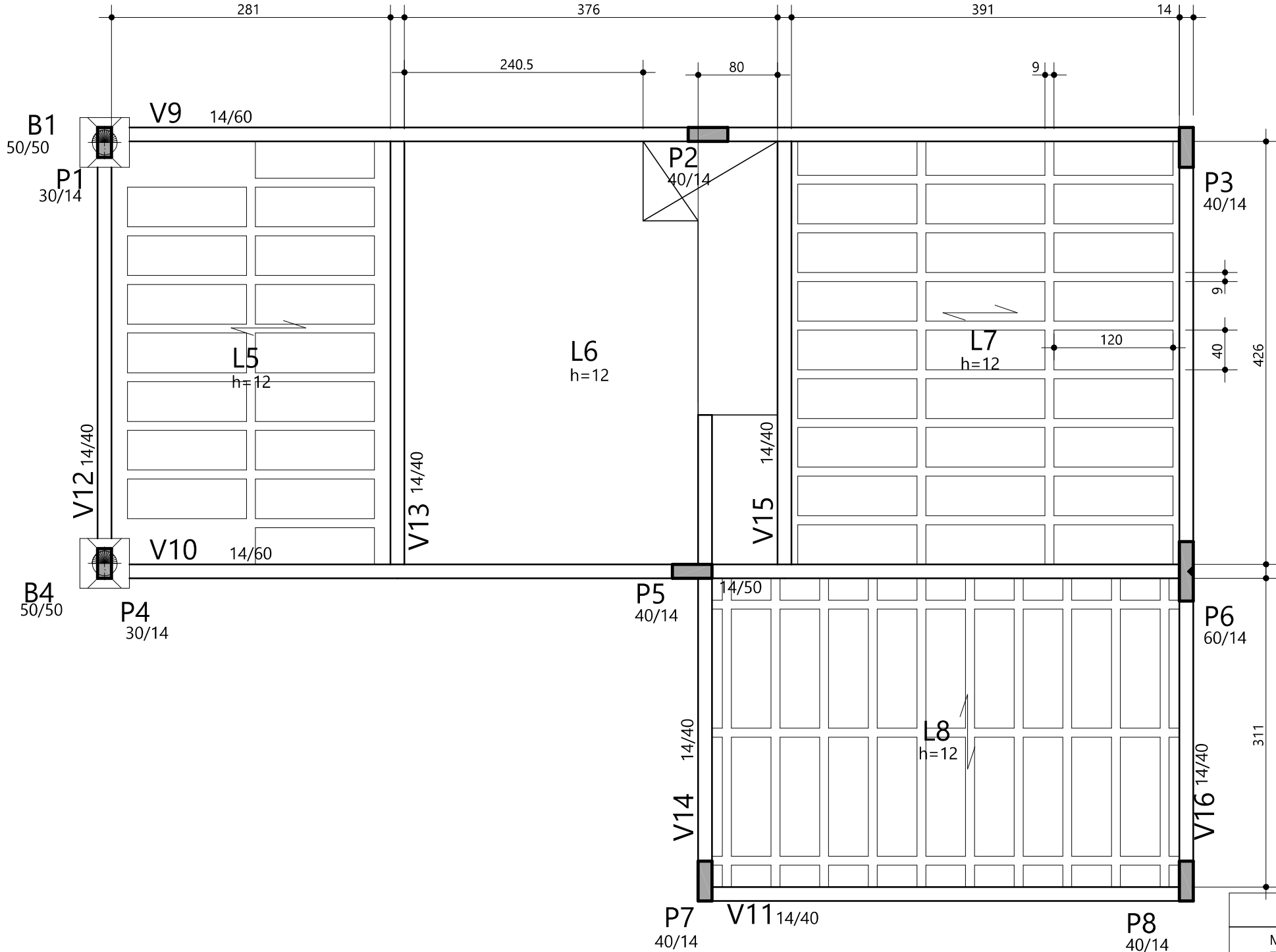


AÇO	POS	BIT (mm)	QUANT	COMPRIMENTO		
				UNIT (cm)	TOTAL (cm)	
Pav. Inferior - Armadura negativa secundária						
50A	1	8	3	99	297	
50A	2	20	1	222	222	
50A	3	6.3	1	124	124	
50A	4	6.3	1	127	127	
50A	5	10	3	152	456	
50A	6	8	4	112	448	
50A	7	8	3	104	312	
50A	8	8	3	108	324	
50A	9	6.3	8	108	864	
50A	10	6.3	44	111	4884	
50A	11	6.3	1	112	112	
50A	12	10	3	112	336	
50A	13	12.5	2	123	246	
50A	14	10	3	161	483	

RESUMO DE AÇO			
AÇO	BIT (mm)	COMPR (m)	PESO (kg)
50A	6.3	61	15
50A	8	14	5
50A	10	13	8
50A	12.5	2	2
50A	20	2	5
Peso Total 50A =		36 kg	

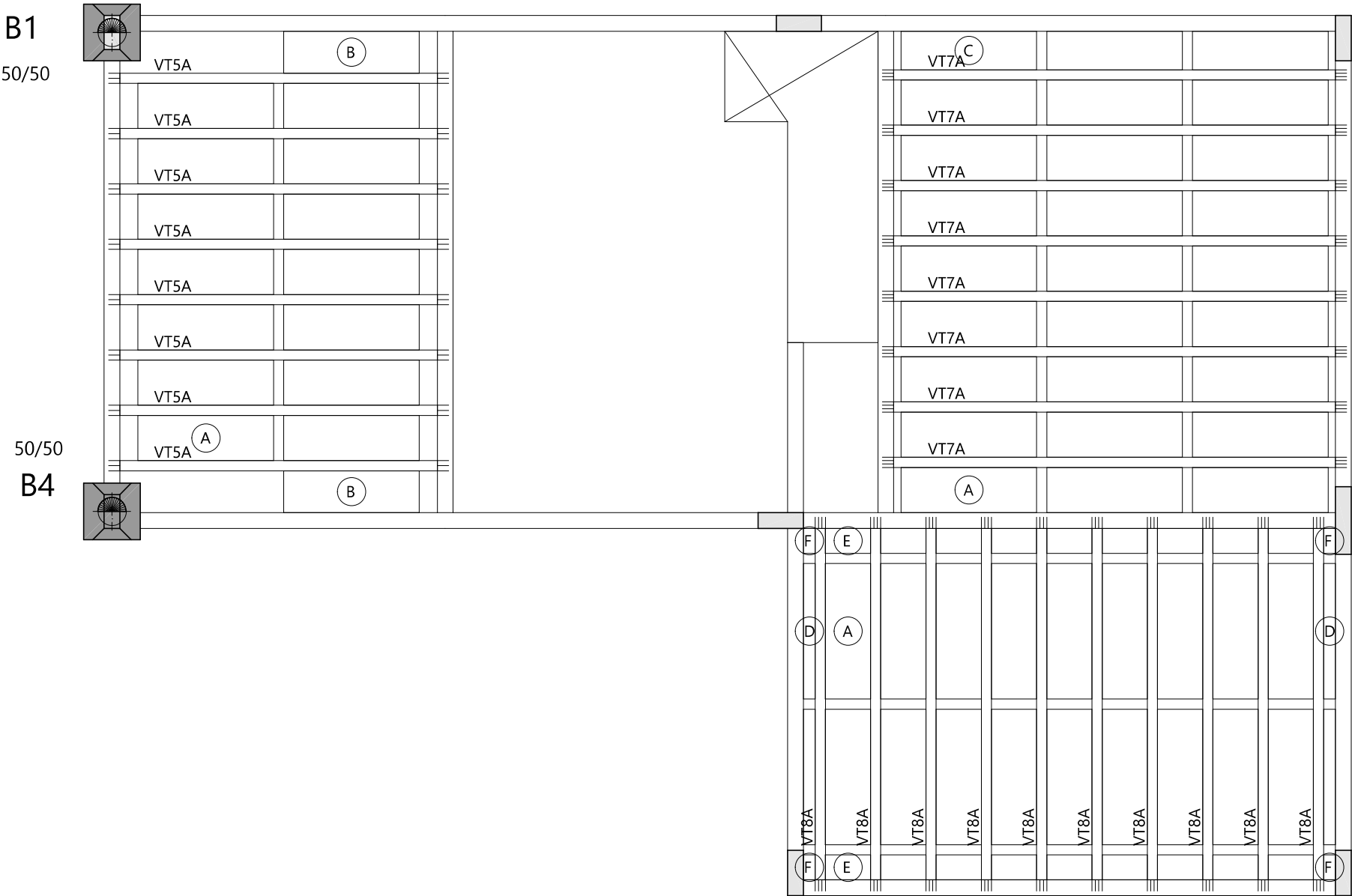
Escola Politécnica da USP	
MIRELLA DONATELLO 7632262	Orientador Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco
DATA 11/2018	CONCRETO fck = 25 MPa
FOLHA 06	
OBRA Projeto de Construção de Casa do Caseiro	
Trabalho de Formatura II	
TITULO Armadura Lajes Pav. Inferior Arm. Negativa secundária	
ESCALA 1:50	CÓDIGO TF - EST - PB - F06-R00

Pav. Superior - Planta de Fôrmas



Escola Politécnica da USP	
MIRELLA DONATELLO 7632262	Orientador Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco
DATA 11/2018	CONCRETO fck = 25 MPa
FOLHA 07	
OBRA Projeto de Construção de Casa do Caseiro Trabalho de Formatura II	
TITULO Planta de Fôrmas Pav. Superior	
ESCALA 1:50	CÓDIGO TF - EST - PB - F07-R00

Pav. Superior - Montagem treliças



Escola Politécnica da USP	
MIRELLA DONATELLO 7632262	Orientador Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco
DATA 11/2018	CONCRETO fck = 25 MPa
FOLHA 08	
OBRA Projeto de Construção de Casa do Caseiro Trabalho de Formatura II	
TITULO Montagem treliças Pav. Superior	
ESCALA	CÓDIGO TF - EST - DET - F08-R00

Pav. Superior - Armadura positiva principal

1X

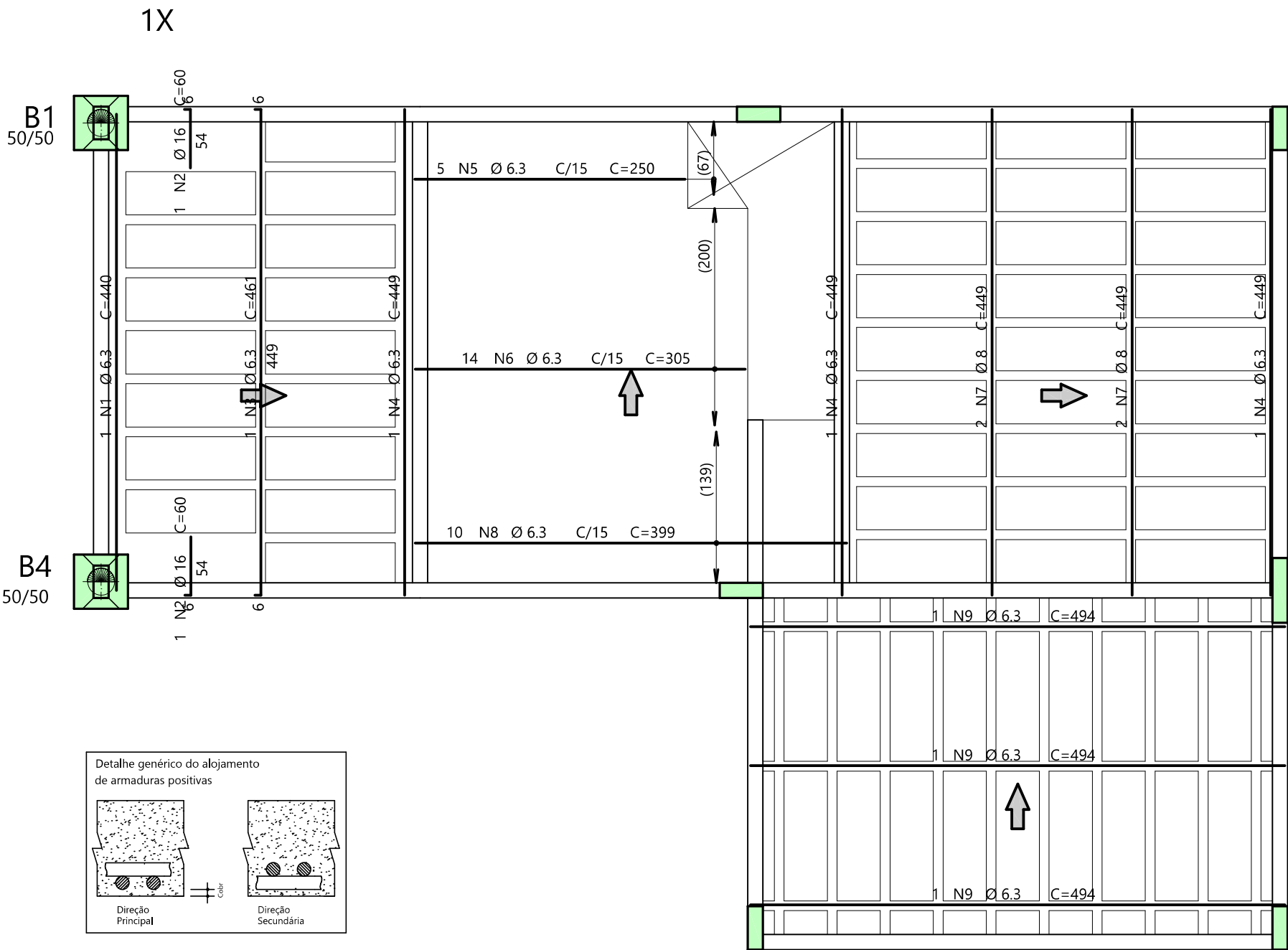


AÇO	POS	BIT (mm)	QUANT	COMPRIMENTO		
				UNIT (cm)	TOTAL (cm)	
Pav. Superior - Armadura positiva principal						
50A	1	8	3	140	420	
50A	2	10	24	463	11112	
50A	3	6.3	3	140	420	
50A	4	6.3	6	339	2034	
50A	5	6.3	6	160	960	

RESUMO DE AÇO			
AÇO	BIT (mm)	COMPR (m)	PESO (kg)
50A	6.3	34	8
50A	8	4	2
50A	10	111	69
Peso Total	50A =		79 kg

Escola Politécnica da USP			
MIRELLA DONATELLO 7632262☒		Orientador Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco	
DATA	11/2018	CONCRETO fck = 250	MPa
FOLHA	09		
OBRA	Projeto de Construção de Casa do Caseiro		
Trabalho de Formatura II			
TITULO			
Armadura Lajes			
Pav. Superior			
Arm. positiva principal			
ESCALA	1:50	CÓDIGO	TF - EST - DET - F09-R00

Pav. Superior - Armadura positiva secundária

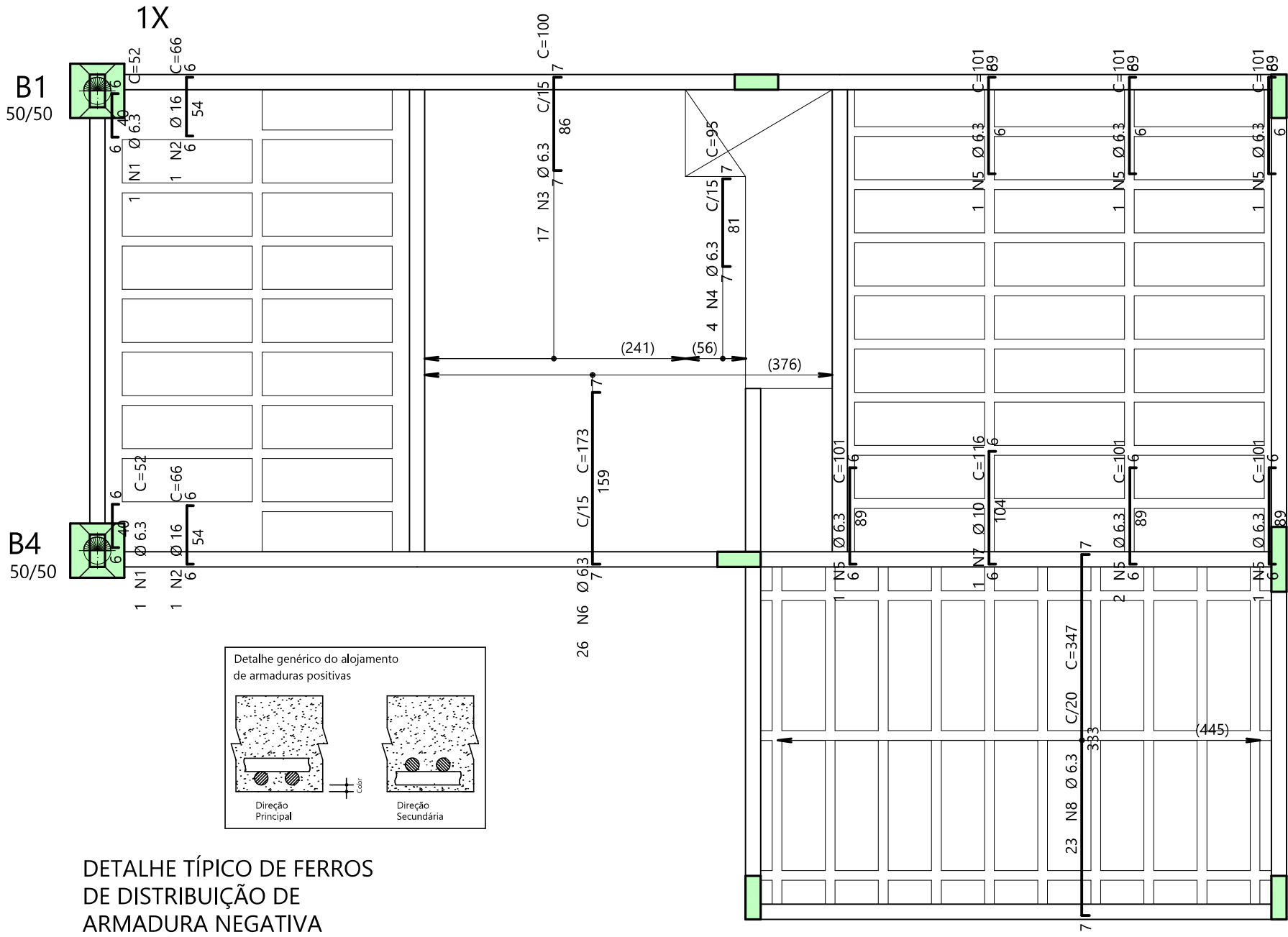


AÇO	POS	BIT (mm)	QUANT	COMPRIMENTO		
				UNIT (cm)	TOTAL (cm)	
Pav. Superior - Armadura positiva secundária						
50A	1	6.3	1	440	440	
50A	2	16	2	60	120	
50A	3	6.3	1	461	461	
50A	4	6.3	3	449	1347	
50A	5	6.3	5	250	1250	
50A	6	6.3	14	305	4270	
50A	7	8	4	449	1796	
50A	8	6.3	10	399	3990	
50A	9	6.3	3	494	1482	

RESUMO DE AÇO			
AÇO	BIT (mm)	COMPR (m)	PESO (kg)
50A	6.3	132	32
50A	8	18	7
50A	16	1	2
Peso Total	50A =		41 kg

Escola Politécnica da USP			
MIRELLA DONATELLO 7632262☒		Orientador Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco	
DATA	11/2018	CONCRETO fck =25	MPa
FOLHA	10		
OBRA	Projeto de Construção de Casa do Caseiro		
Trabalho de Formatura II			
TITULO			
Armadura Lajes			
Pav. Superior			
Arm. positiva secundária			
ESCALA	1:50	CÓDIGO	TF - EST - DET - F10-R00

Pav. Superior - Armadura negativa secundária

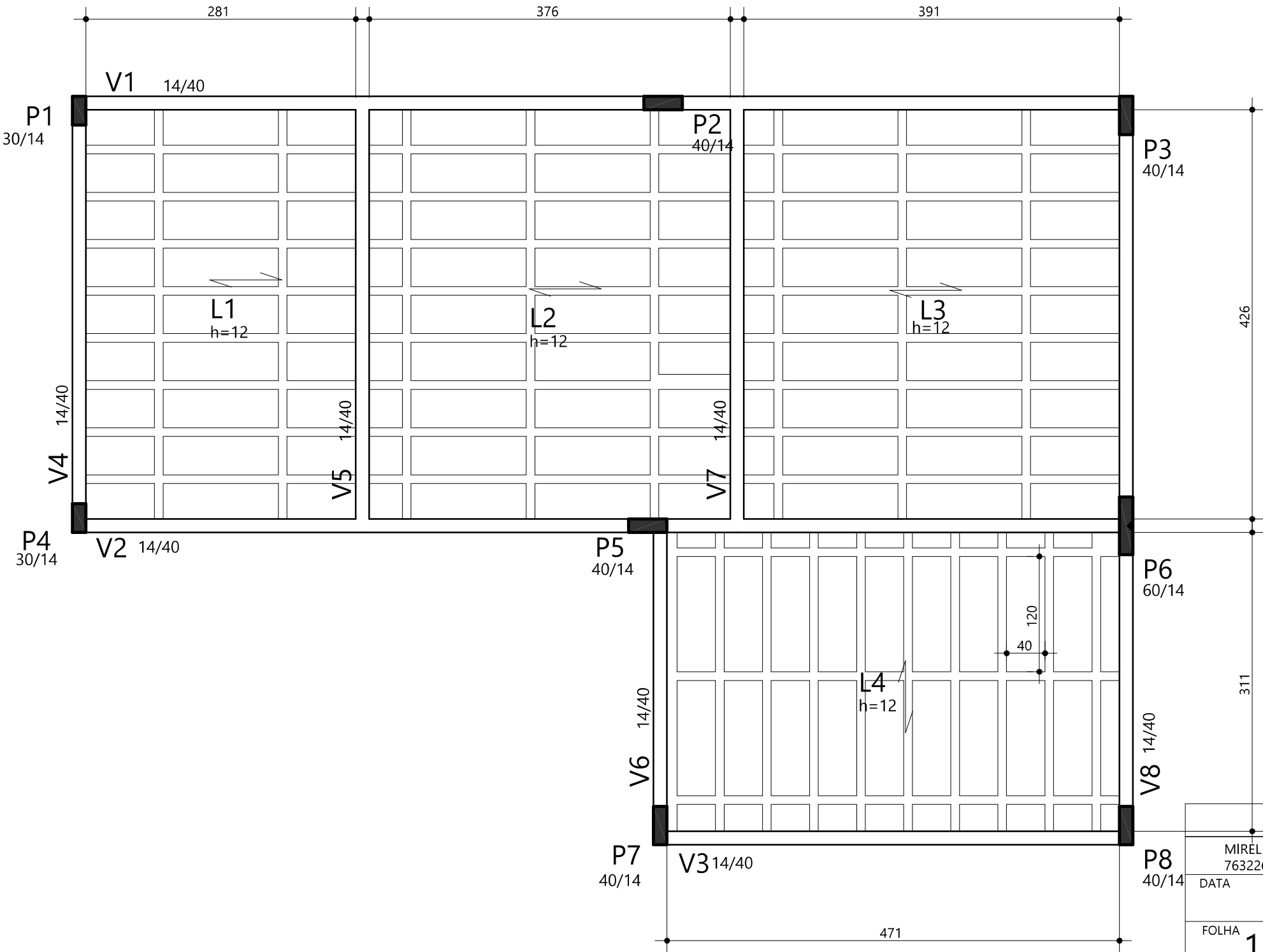


AÇO	POS	BIT (mm)	QUANT	COMPRIMENTO		
				UNIT (cm)	TOTAL (cm)	
Pav. Superior - Armadura negativa secundária						
50A	1	6.3	2	52	104	
50A	2	16	2	66	132	
50A	3	6.3	17	100	1700	
50A	4	6.3	4	95	380	
50A	5	6.3	7	101	707	
50A	6	6.3	26	173	4498	
50A	7	10	1	116	116	
50A	8	6.3	23	347	7981	

RESUMO DE AÇO			
AÇO	BIT (mm)	COMPR (m)	PESO (kg)
50A	6.3	154	38
50A	10	1	1
50A	16	1	2
Peso Total		50A =	40 kg

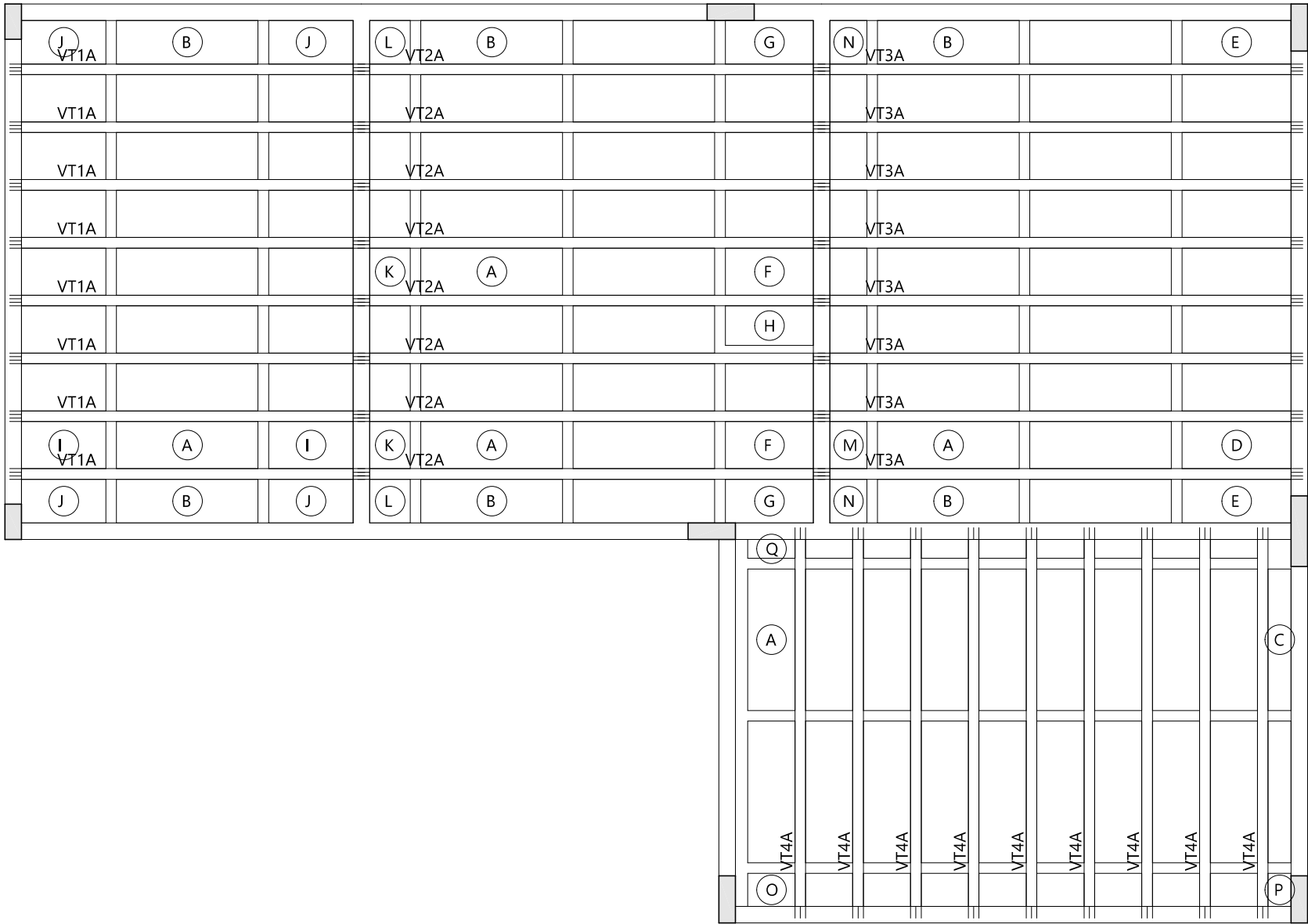
Escola Politécnica da USP			
MIRELLA DONATELLO 7632262☒		Orientador Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco	
DATA	11/2018	CONCRETO fck = 25	MPa
FOLHA	12		
OBRA	Projeto de Construção de Casa do Caseiro		
Trabalho de Formatura II			
TITULO	Armadura Lajes Pav. Superior Arm. negativa secundária		
ESCALA	1:50	CÓDIGO	TF - EST - DET - F12-R00

Cobertura - Planta de Fôrma



Escola Politécnica da USP	
MIRELLA DONATELLO 7632262	Orientador Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco
DATA 11/2018	CONCRETO fck = 25 MPa
FOLHA 13	
OBRA Projeto de Construção de Casa do Caseiro Trabalho de Formatura II	
TITULO Planta de Fôrmas Cobertura	
ESCALA 1:50	CÓDIGO TF - EST - PB - F13-R00

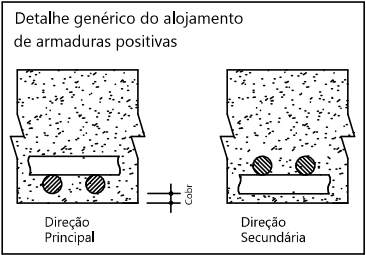
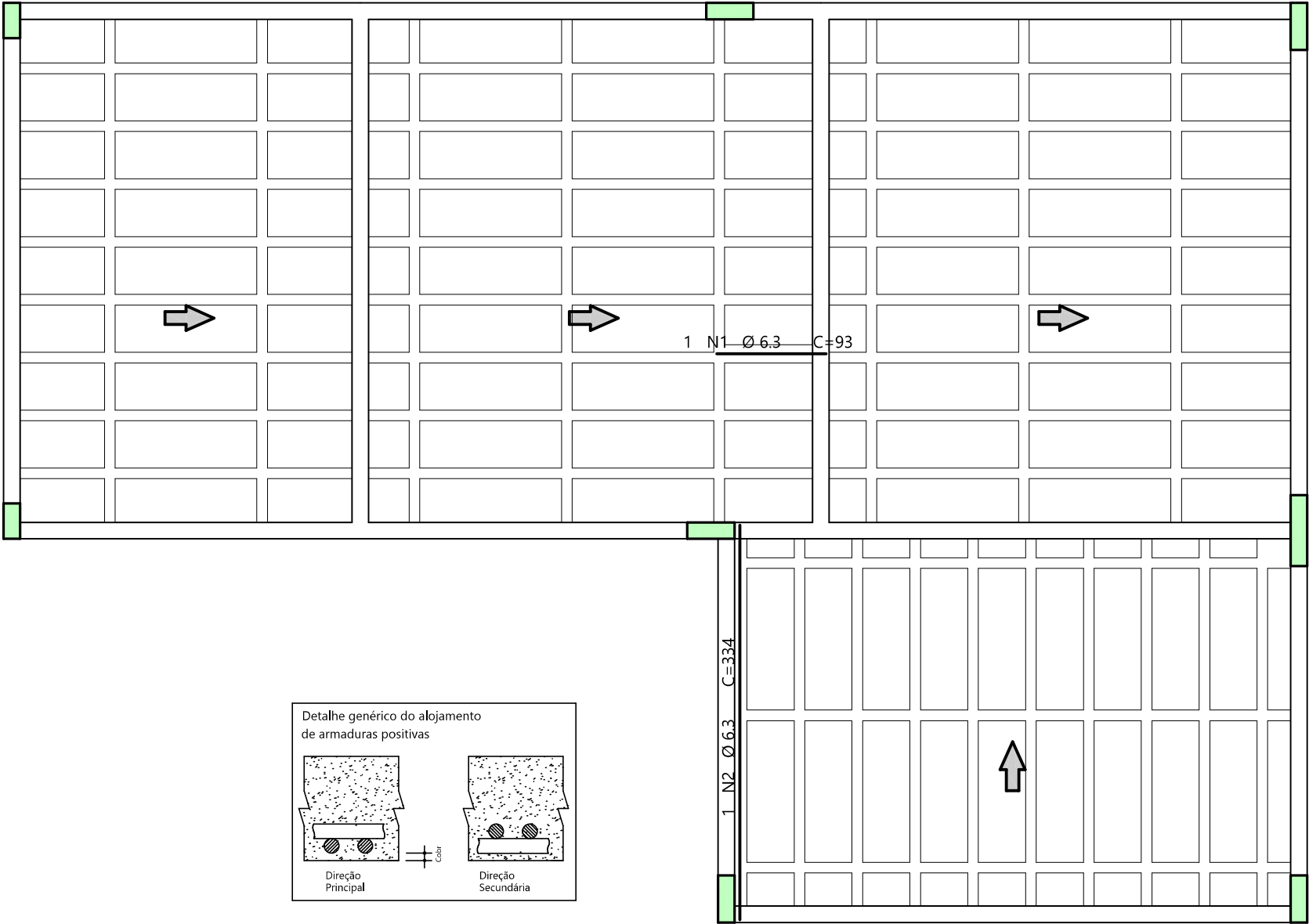
Cobertura - Montagem de Treliças



Escola Politécnica da USP			
MIRELLA DONATELLO 7632262☒		Orientador Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco	
DATA	11/2018	CONCRETO fck =25	MPa
FOLHA	14		
OBRA	Projeto de Construção de Casa do Caseiro		
Trabalho de Formatura II			
TITULO			
Montagem treliças			
Cobertura			
Arm. positiva principal			
ESCALA	1:50	CÓDIGO	TF - EST - DET - F14-R00

Cobertura - Armadura positiva principal

1X



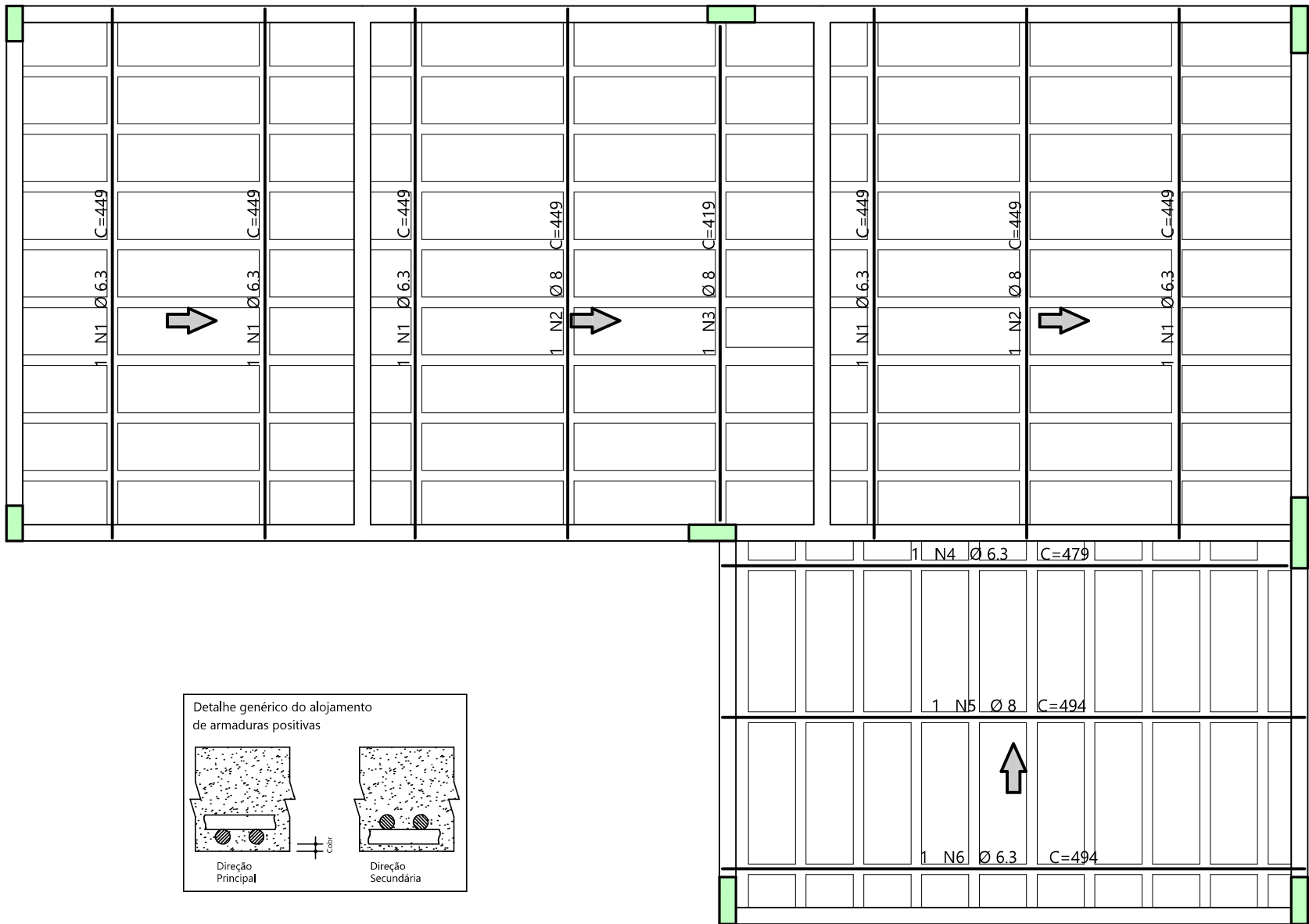
AÇO	POS	BIT (mm)	QUANT	COMPRIMENTO		
				UNIT (cm)	TOTAL (cm)	
Cobertura - Armadura positiva principal						
50A	1	6.3	1	93	93	
50A	2	6.3	1	334	334	

RESUMO DE AÇO			
AÇO	BIT (mm)	COMPR (m)	PESO (kg)
50A	6.3	4	1
Peso Total	50A =	1 kg	

Escola Politécnica da USP	
MIRELLA DONATELLO 7632262	Orientador Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco
DATA 11/2018	CONCRETO fck = 25 MPa
FOLHA 15	
OBRA Projeto de Construção de Casa do Caseiro Trabalho de Formatura II	
TITULO Armadura Lajes Cobertura Arm. positiva secundária	
ESCALA 1:50	CÓDIGO TF - EST - DET - F15-R00

Cobertura - Armadura positiva secundária

1X



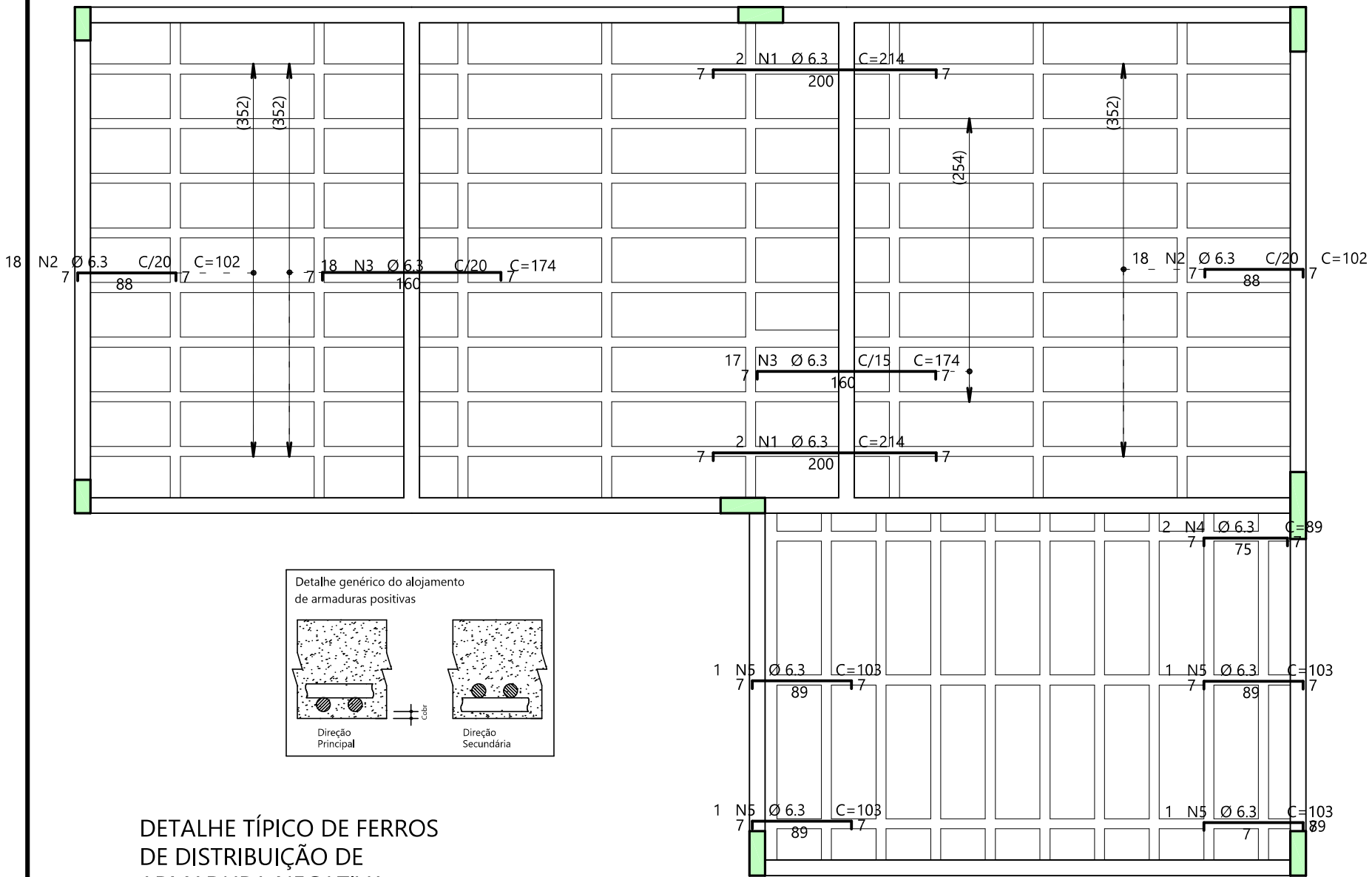
AÇO	POS	BIT (mm)	QUANT	COMPRIMENTO		
				UNIT (cm)	TOTAL (cm)	
Cobertura - Armadura positiva secundária						
50A	1	6.3	5	449	2245	
50A	2	8	2	449	898	
50A	3	8	1	419	419	
50A	4	6.3	1	479	479	
50A	5	8	1	494	494	
50A	6	6.3	1	494	494	

RESUMO DE AÇO			
AÇO	BIT (mm)	COMPR (m)	PESO (kg)
50A	6.3	32	8
50A	8	18	7
Peso Total	50A =		15 kg

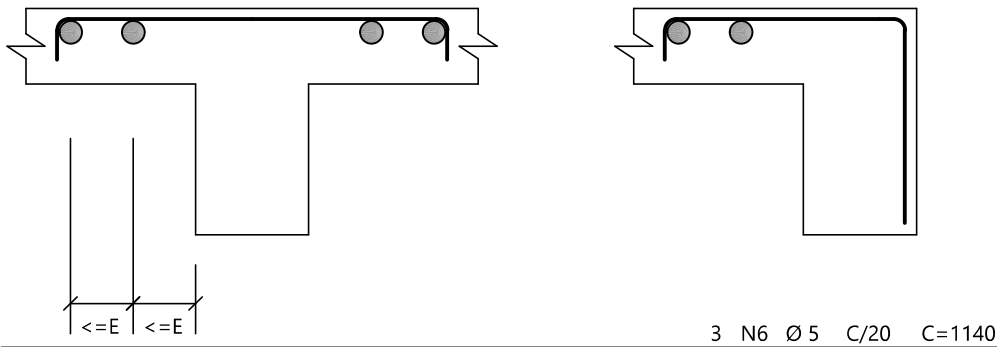
Escola Politécnica da USP			
MIRELLA DONATELLO 7632262☒		Orientador Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco	
DATA	11/2018	CONCRETO fck =25	MPa
FOLHA	16		
OBRA	Projeto de Construção de Casa do Caseiro		
Trabalho de Formatura II			
TITULO			
Armadura Lajes			
Cobertura			
Arm. negativa principal			
ESCALA	1:50	CÓDIGO	TF - EST - DET - F16-R00

Cobertura - Armadura negativa principal

1X



DETALHE TÍPICO DE FERROS DE DISTRIBUIÇÃO DE ARMADURA NEGATIVA



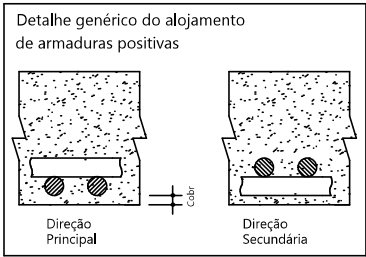
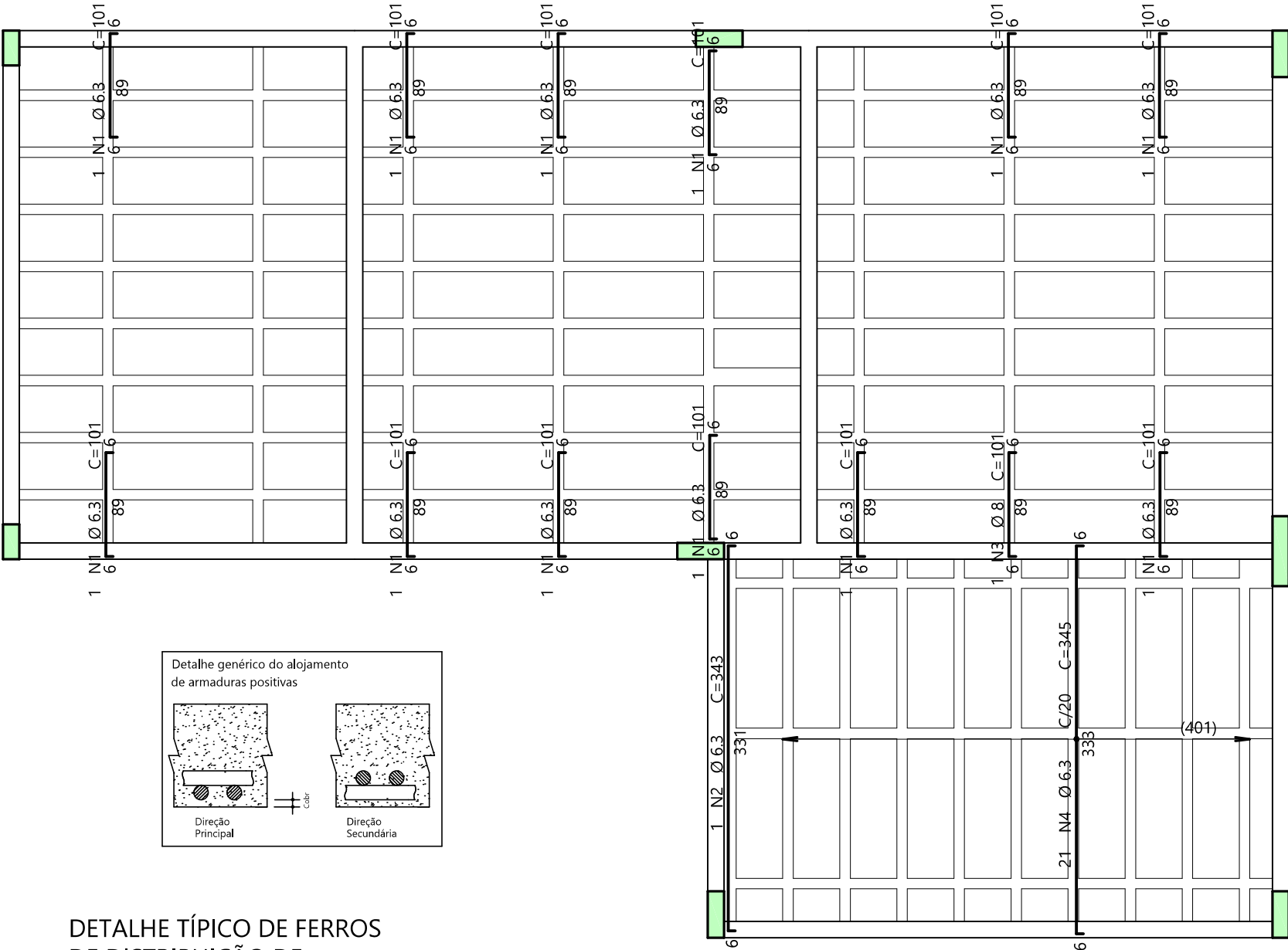
AÇO	POS	BIT (mm)	QUANT	COMPRIMENTO		
				UNIT (cm)	TOTAL (cm)	
Cobertura - Armadura negativa principal						
50A	1	6.3	4	214	856	
50A	2	6.3	36	102	3672	
50A	3	6.3	35	174	6090	
50A	4	6.3	2	89	178	
50A	5	6.3	4	103	412	
60A	6	5	3	1140	3420	

RESUMO DE AÇO			
AÇO	BIT (mm)	COMPR (m)	PESO (kg)
60A	5	34	5
50A	6.3	112	27
Peso Total	60A =		5 kg
Peso Total	50A =		27 kg

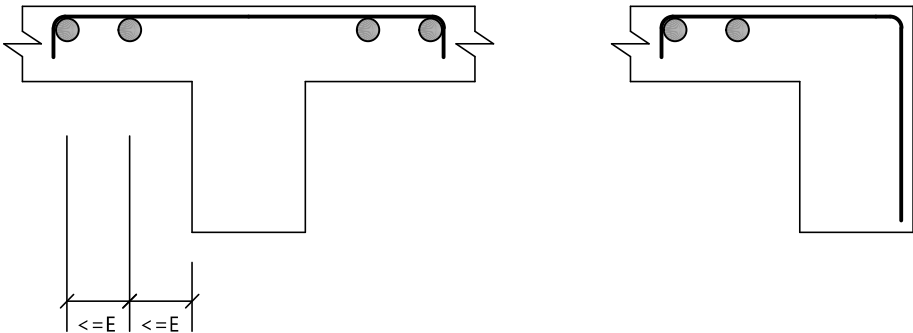
Escola Politécnica da USP			
MIRELLA DONATELLO 7632262☒		Orientador Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco	
DATA	11/2018	CONCRETO fck =25	MPa
FOLHA	17		
OBRA	Projeto de Construção de Casa do Caseiro		
Trabalho de Formatura II			
TITULO			
Armadura Lajes			
Cobertura			
Arm. negativa secundária			
ESCALA	1:50	CÓDIGO	TF - EST - DET - F17-R00

Cobertura - Armadura negativa secundária

1X



DETALHE TÍPICO DE FERROS DE DISTRIBUIÇÃO DE ARMADURA NEGATIVA



AÇO	POS	BIT (mm)	QUANT	COMPRIMENTO		
				UNIT (cm)	TOTAL (cm)	
Cobertura - Armadura negativa secundária						
50A	1	6.3	12	101	1212	
50A	2	6.3	1	343	343	
50A	3	8	1	101	101	
50A	4	6.3	21	345	7245	

RESUMO DE AÇO			
AÇO	BIT (mm)	COMPR (m)	PESO (kg)
50A	6.3	88	22
50A	8	1	0
Peso Total 50A =		22 kg	

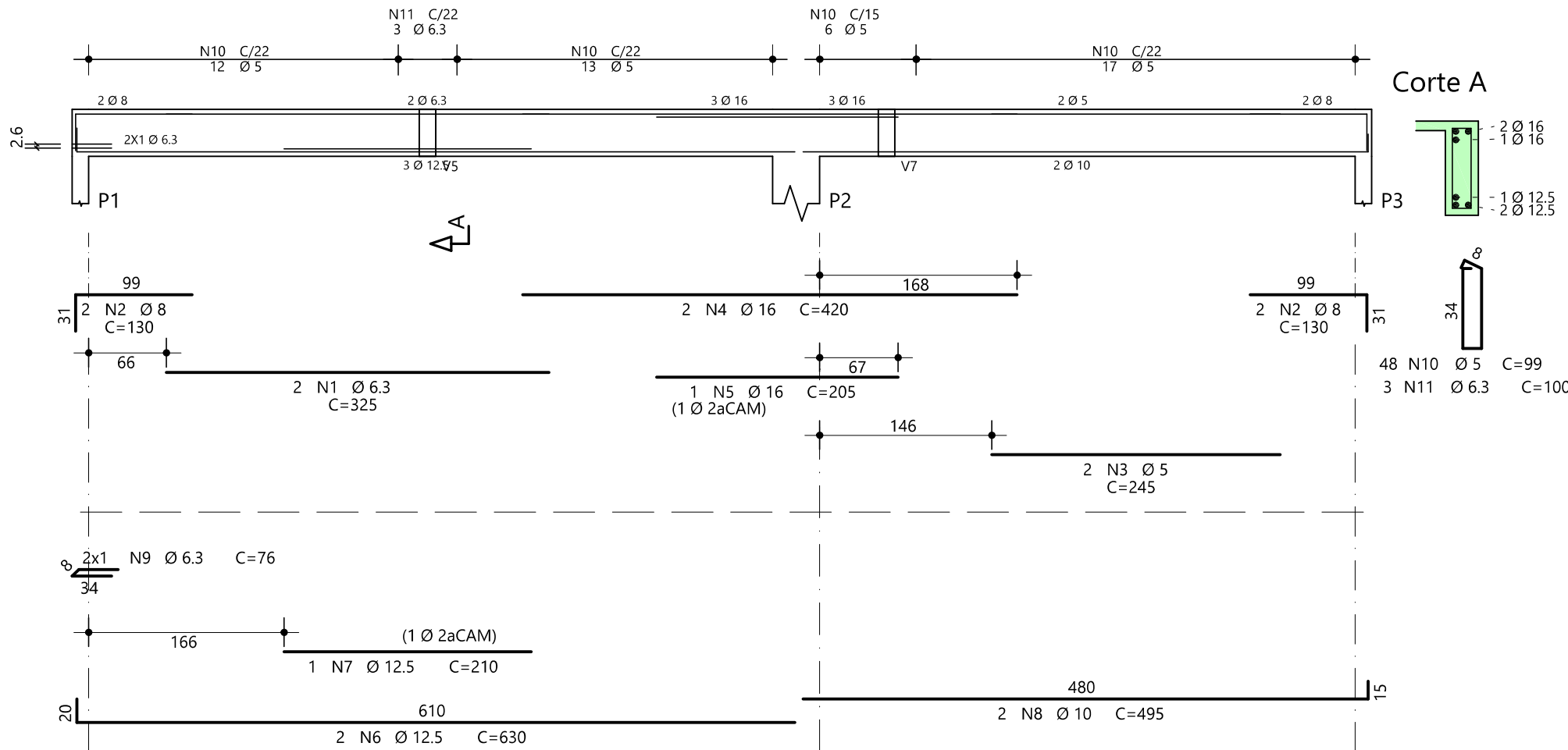
Escola Politécnica da USP	
MIRELLA DONATELLO 7632262	Orientador Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco
DATA 11/2018	CONCRETO fck = 25 MPa
FOLHA 18	
OBRA Projeto de Construção de Casa do Caseiro Trabalho de Formatura II	
TITULO Montagem treliças Cobertura	
ESCALA	CÓDIGO TF - EST - DET - F18-R00

TQS USO NAO COMERCIAL SOMENTE AVALIACAO PL TF - EST - DET - F19-R00.PLT 22/11/2018 18:14:04

V1

14/40

14/40



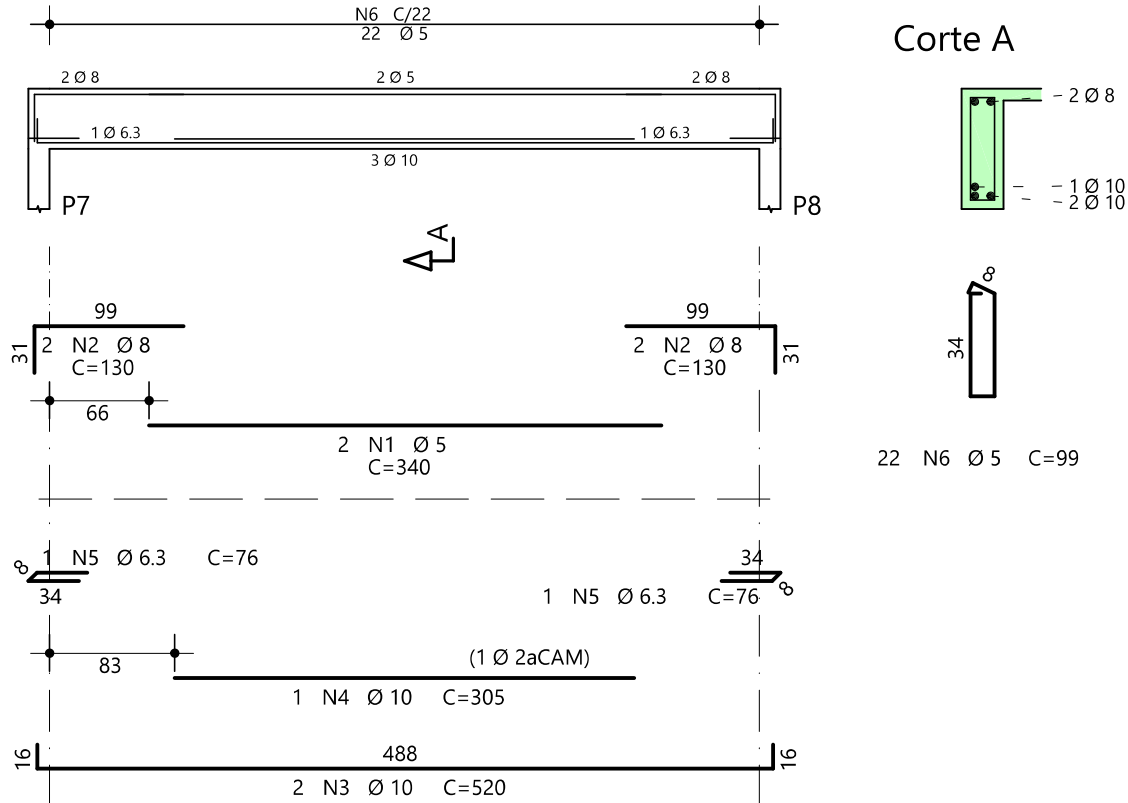
AÇO	POS	BIT (mm)	QUANT	COMPRIMENTO		
				UNIT (cm)	TOTAL (cm)	
V1						
50A	1	6.3	2	325	650	
50A	2	8	4	130	520	
60A	3	5	2	245	490	
50A	4	16	2	420	840	
50A	5	16	1	205	205	
50A	6	12.5	2	630	1260	
50A	7	12.5	1	210	210	
50A	8	10	2	495	990	
50A	9	6.3	2	76	152	
60A	10	5	48	99	4752	
50A	11	6.3	3	100	300	
V3						
60A	1	5	2	340	680	
50A	2	8	4	130	520	
50A	3	10	2	520	1040	
50A	4	10	1	305	305	
50A	5	6.3	2	76	152	
60A	6	5	22	99	2178	

RESUMO DE AÇO			
AÇO	BIT (mm)	COMPR (m)	PESO (kg)
60A	5	81	12
50A	6.3	13	3
50A	8	10	4
50A	10	23	14
50A	12.5	15	14
50A	16	10	16
Peso Total	60A =	12 kg	
Peso Total	50A =	52 kg	

V3

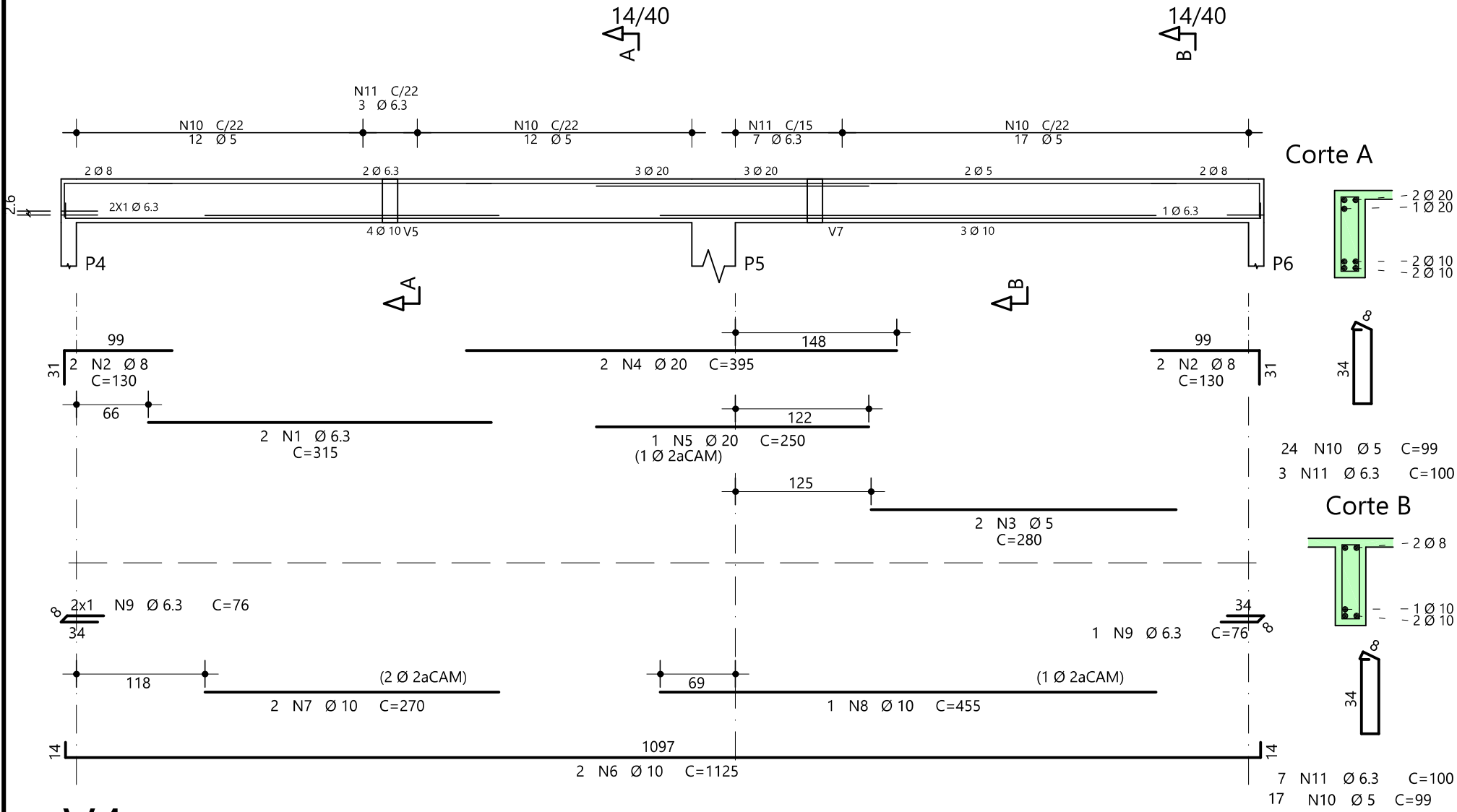
14/40

Corte A

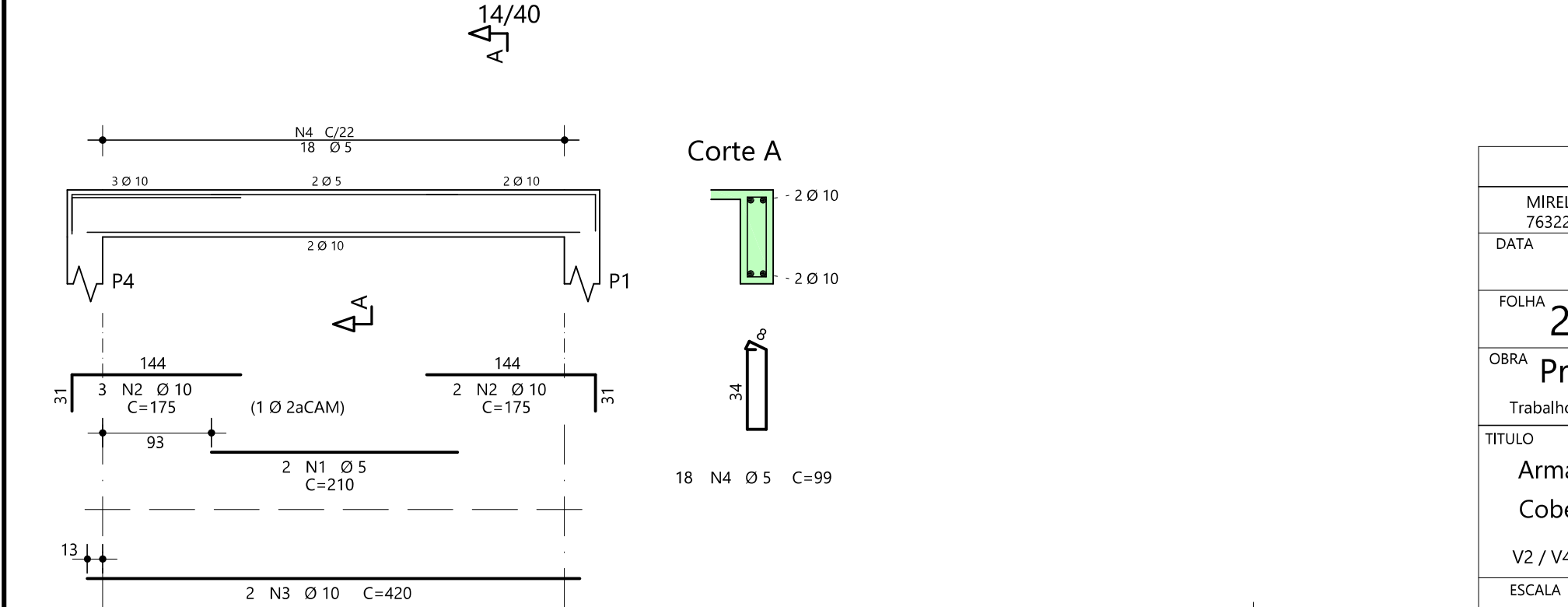


Escola Politécnica da USP	
MIRELLA DONATELLO 7632262	Orientador Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco
DATA 11/2018	CONCRETO fck = 25 MPa
FOLHA 19	
OBRA Projeto de Construção de Casa do Caseiro Trabalho de Formatura II	
TITULO Armadura Vigas Cobertura V1 / V3	
ESCALA 1:50	CÓDIGO TF - EST - DET - F19-R00

V2



V4

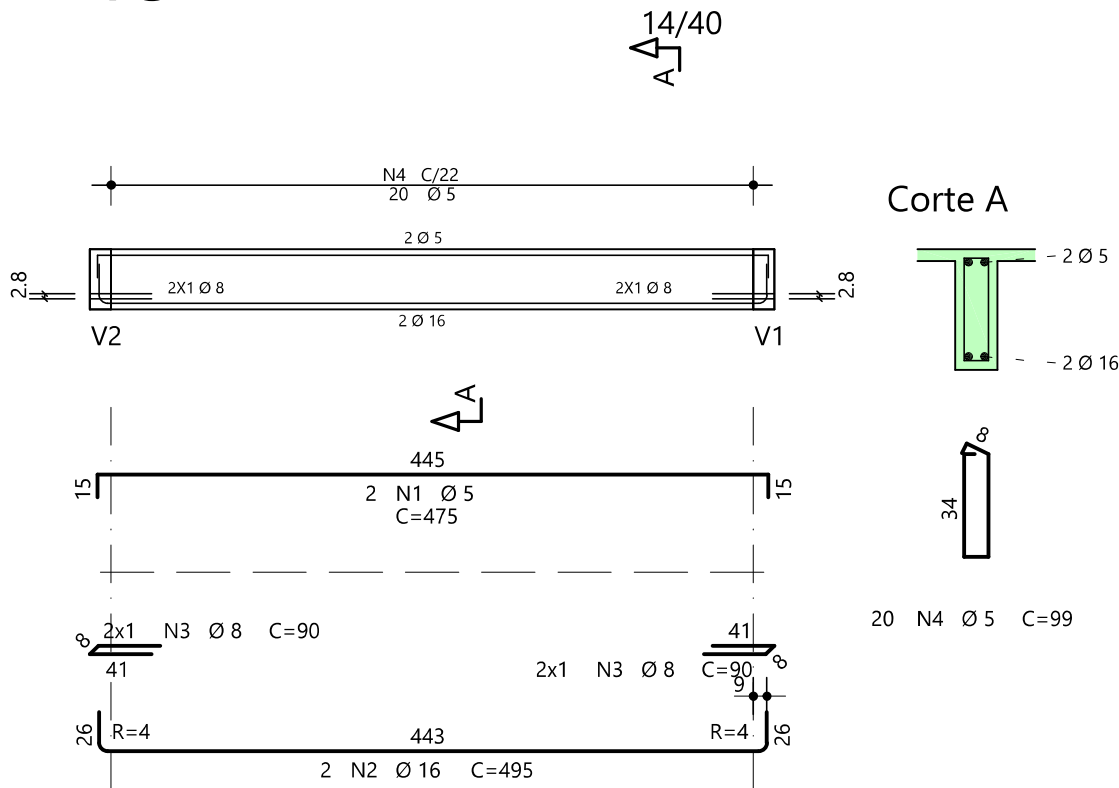


AÇO	POS	BIT (mm)	QUANT	COMPRIMENTO		
				UNIT (cm)	TOTAL (cm)	
V2						
50A	1	6.3	2	315	630	
50A	2	8	4	130	520	
60A	3	5	2	280	560	
50A	4	20	2	395	790	
50A	5	20	1	250	250	
50A	6	10	2	1125	2250	
50A	7	10	2	270	540	
50A	8	10	1	455	455	
50A	9	6.3	3	76	228	
60A	10	5	41	99	4059	
50A	11	6.3	10	100	1000	
V4						
60A	1	5	2	210	420	
50A	2	10	5	175	875	
50A	3	10	2	420	840	
60A	4	5	18	99	1782	

RESUMO DE AÇO			
AÇO	BIT (mm)	COMPR (m)	PESO (kg)
60A	5	68	11
50A	6.3	19	5
50A	8	5	2
50A	10	50	31
50A	20	10	26
Peso Total	60A =		11 kg
Peso Total	50A =		63 kg

Escola Politécnica da USP	
MIRELLA DONATELLO 7632262	Orientador Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco
DATA 11/2018	CONCRETO fck = 25 MPa
FOLHA 20	
OBRA Projeto de Construção de Casa do Caseiro Trabalho de Formatura II	
TITULO Armadura Vigas Cobertura V2 / V4	
ESCALA 1:50	CÓDIGO TF - EST - DET - F20-R00

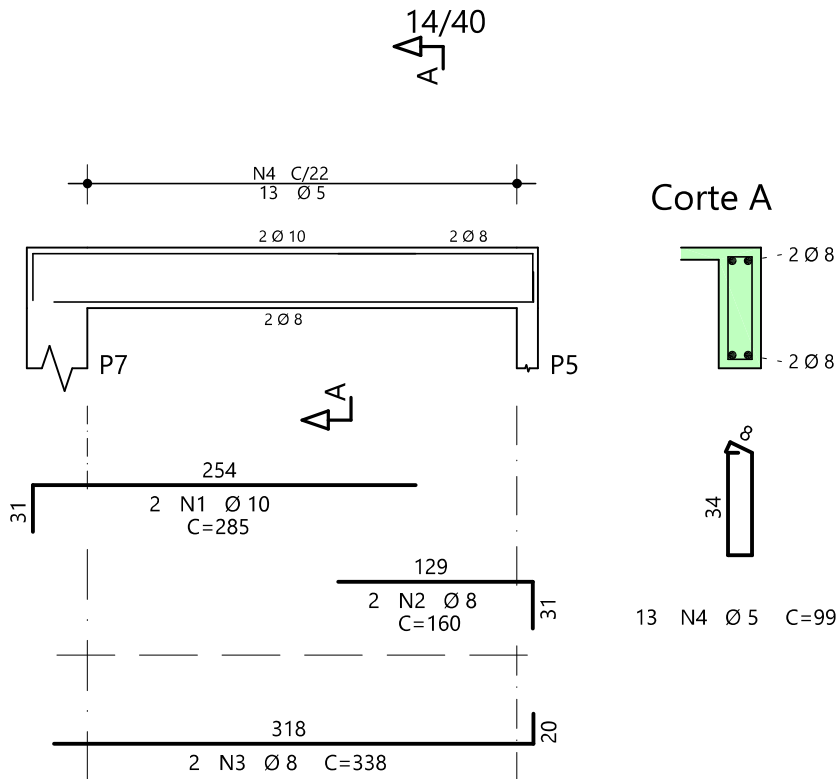
V5



AÇO	POS	BIT (mm)	QUANT	COMPRIMENTO		
				UNIT (cm)	TOTAL (cm)	
V5						
60A	1	5	2	475	950	
50A	2	16	2	495	990	
50A	3	8	4	90	360	
60A	4	5	20	99	1980	
V6						
50A	1	10	2	285	570	
50A	2	8	2	160	320	
50A	3	8	2	338	676	
60A	4	5	13	99	1287	

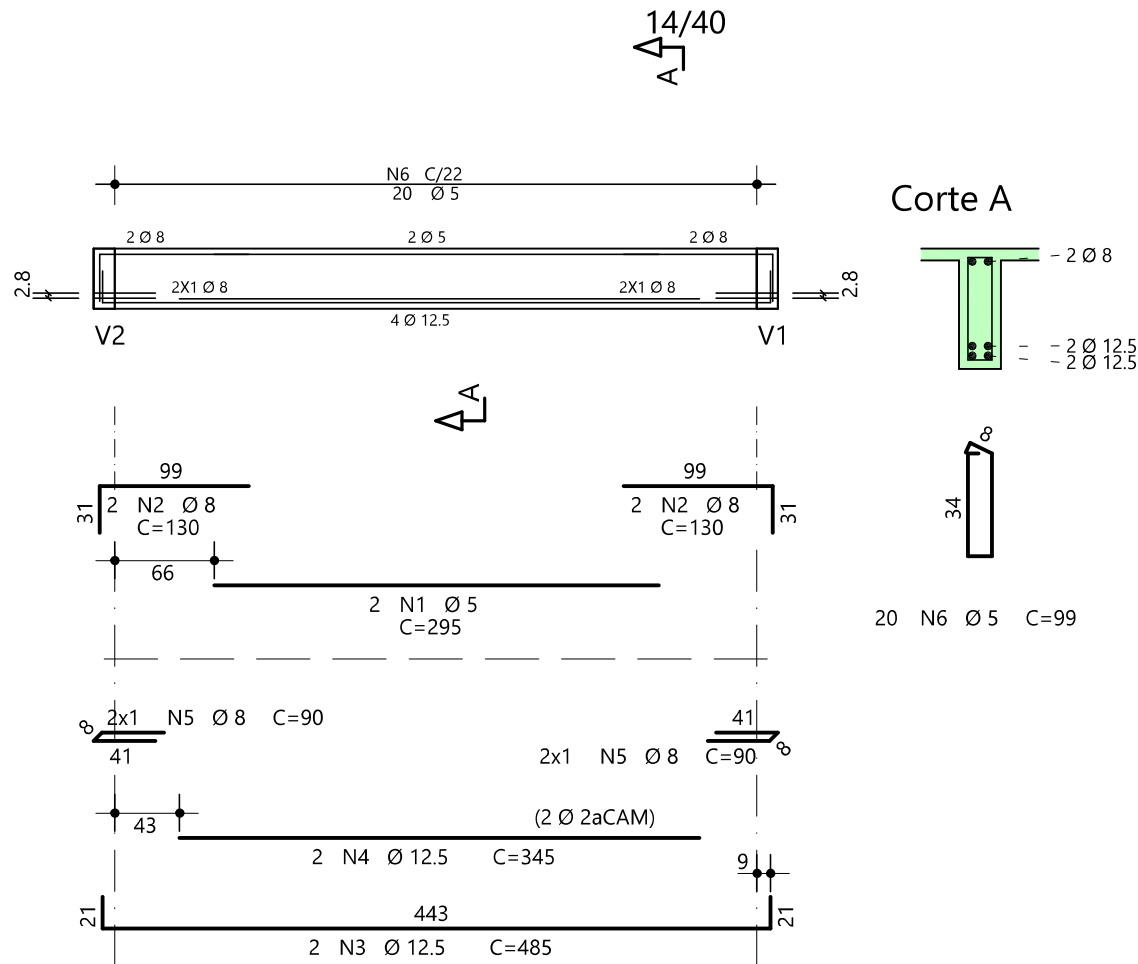
RESUMO DE AÇO			
AÇO	BIT (mm)	COMPR (m)	PESO (kg)
60A	5	42	6
50A	8	14	5
50A	10	6	4
50A	16	10	16
Peso Total	60A =	6 kg	
Peso Total	50A =	24 kg	

V6

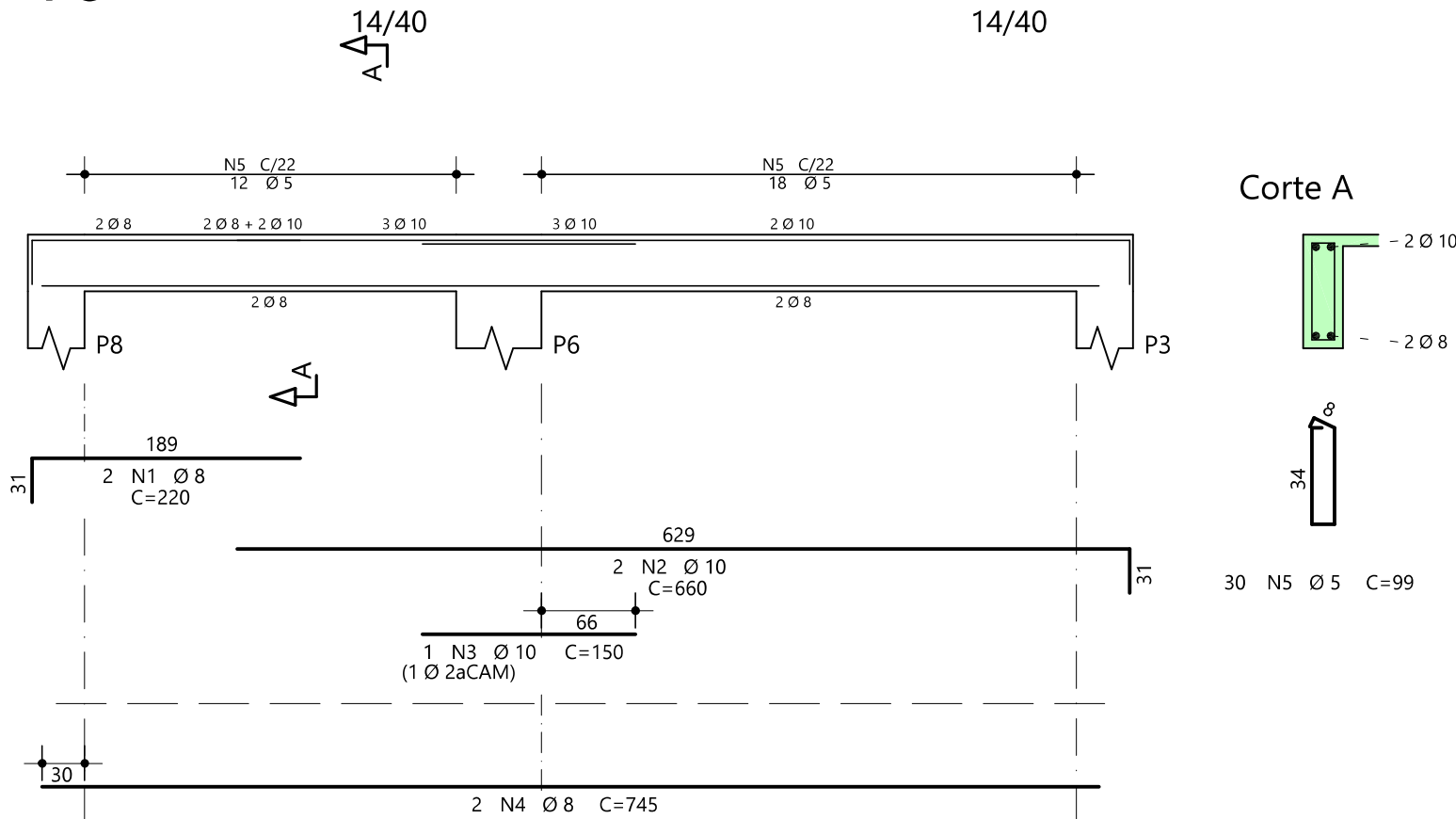


Escola Politécnica da USP	
MIRELLA DONATELLO 7632262	Orientador Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco
DATA 11/2018	CONCRETO fck = 25 MPa
FOLHA 21	
OBRA Projeto de Construção de Casa do Caseiro	
TITULO Armadura Vigas Cobertura V5 / V6	
ESCALA 1:50	CÓDIGO TF - EST - DET - F21-R00

V7



V8



AÇO	POS	BIT (mm)	QUANT	COMPRIMENTO		
				UNIT (cm)	TOTAL (cm)	
V7						
	60A	1	5	2	295	590
	50A	2	8	4	130	520
	50A	3	12.5	2	485	970
	50A	4	12.5	2	345	690
	50A	5	8	4	90	360
	60A	6	5	20	99	1980
V8						
	50A	1	8	2	220	440
	50A	2	10	2	660	1320
	50A	3	10	1	150	150
	50A	4	8	2	745	1490
	60A	5	5	30	99	2970

RESUMO DE AÇO			
AÇO	BIT (mm)	COMPR (m)	PESO (kg)
60A	5	55	9
50A	8	28	11
50A	10	15	9
50A	12.5	17	16
Peso Total	60A =	9 kg	
Peso Total	50A =	36 kg	

Escola Politécnica da USP

MIRELLA DONATELLO
7632262

Orientador
Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco

DATA
11/2018

CONCRETO
fck = 25 MPa

FOLHA
22

OBRA
Projeto de Construção de Casa do Caseiro
Trabalho de Formatura II

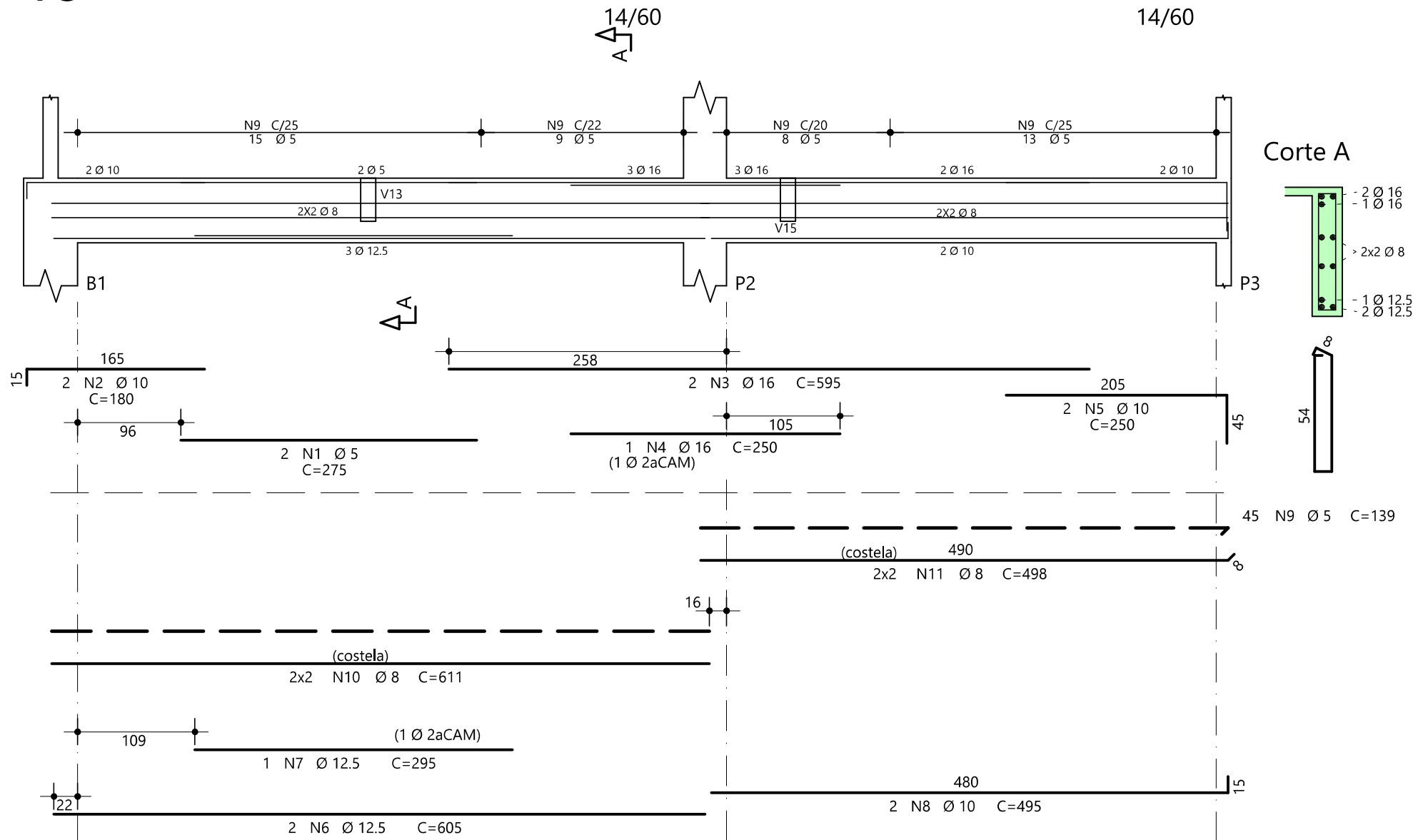
TITULO
Armadura Vigas
Cobertura

V7 / V8

ESCALA
1:50

CÓDIGO
TF - EST - DET - F22-R00

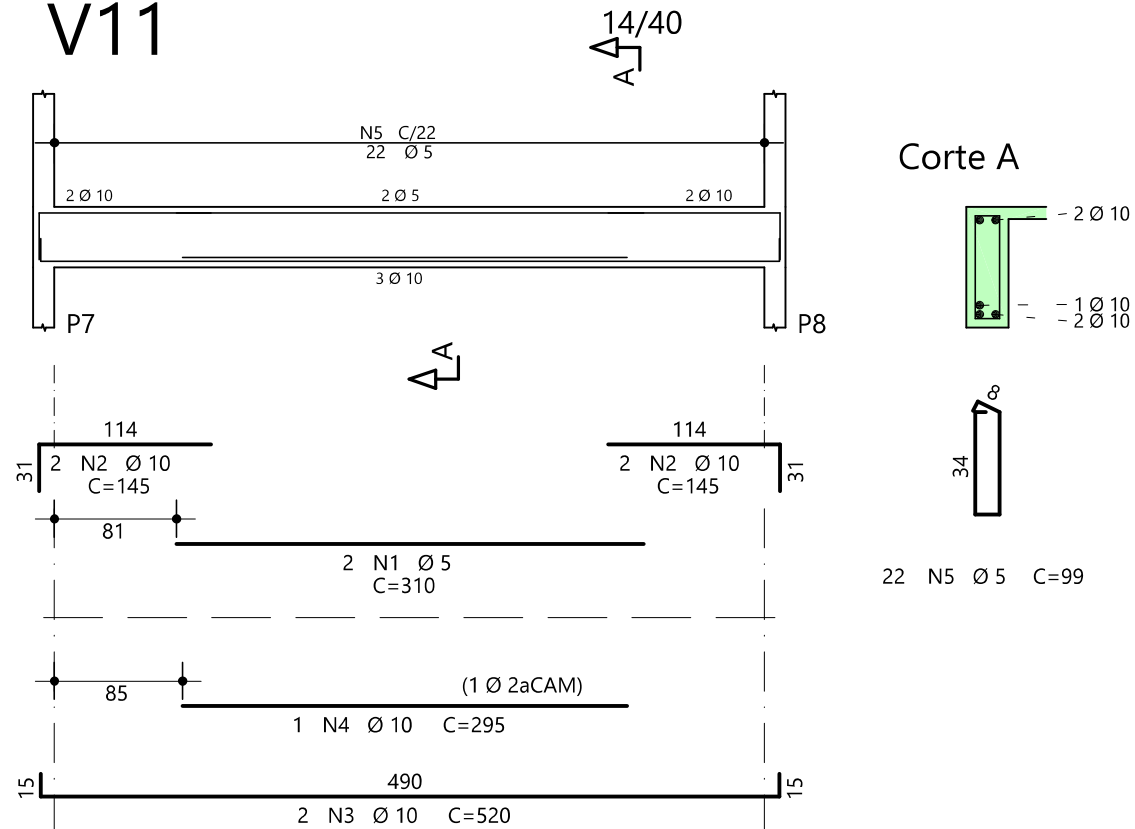
V9



AÇO	POS	BIT (mm)	QUANT	COMPRIMENTO		
				UNIT (cm)	TOTAL (cm)	
V9						
60A	1	5	2	275	550	
50A	2	10	2	180	360	
50A	3	16	2	595	1190	
50A	4	16	1	250	250	
50A	5	10	2	250	500	
50A	6	12.5	2	605	1210	
50A	7	12.5	1	295	295	
50A	8	10	2	495	990	
60A	9	5	45	139	6255	
50A	10	8	4	611	2444	
50A	11	8	4	498	1992	
V11						
60A	1	5	2	310	620	
50A	2	10	4	145	580	
50A	3	10	2	520	1040	
50A	4	10	1	295	295	
60A	5	5	22	99	2178	

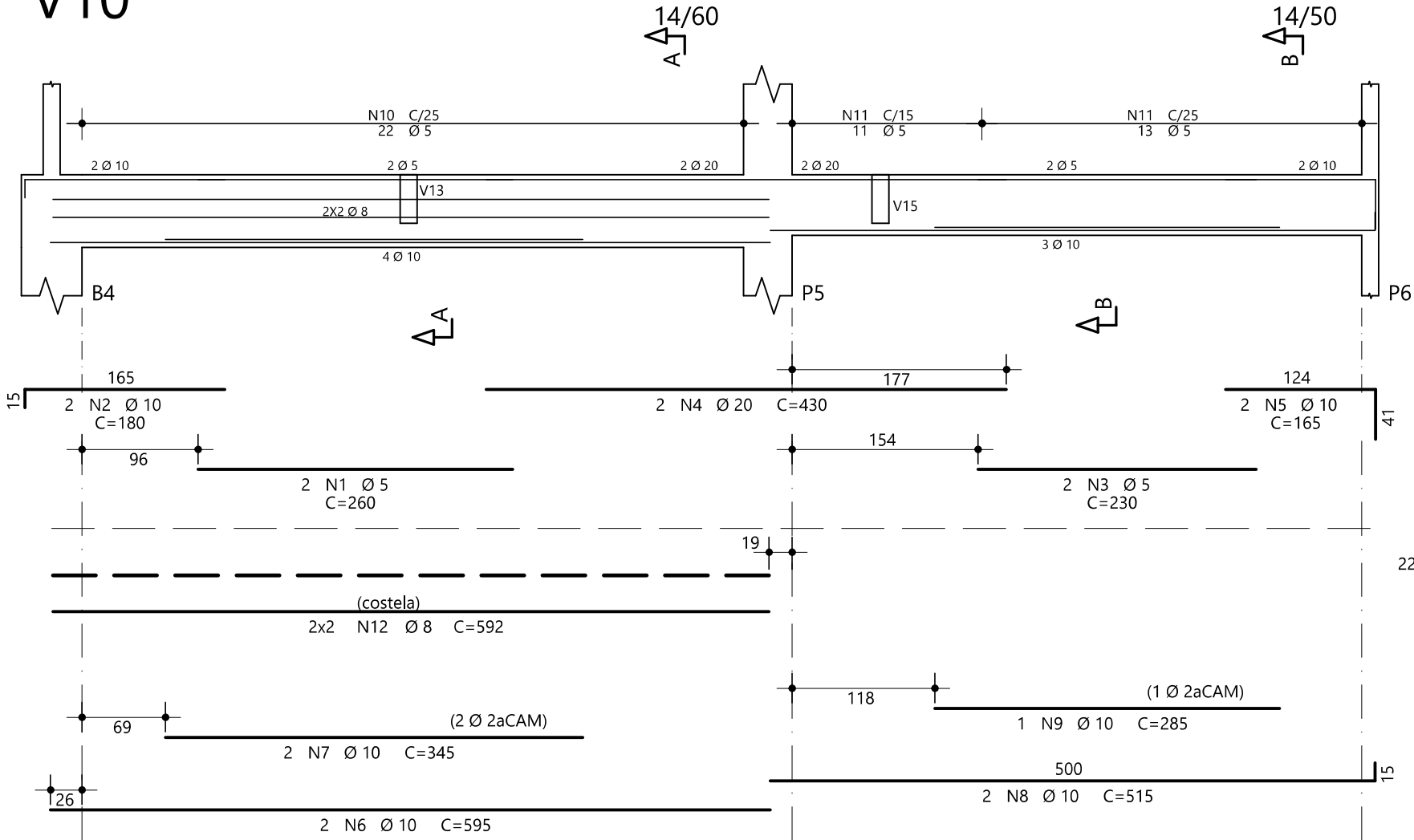
RESUMO DE AÇO			
AÇO	BIT (mm)	COMPR (m)	PESO (kg)
60A	5	96	15
50A	8	44	18
50A	10	38	23
50A	12.5	15	14
50A	16	14	23
Peso Total	60A =		15 kg
Peso Total	50A =		78 kg

V11

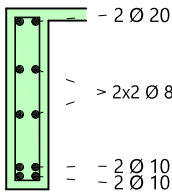


Escola Politécnica da USP	
MIRELLA DONATELLO 7632262	Orientador Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco
DATA 11/2018	CONCRETO fck = 25 MPa
FOLHA 23	
OBRA Trabalho de Formatura II	Projeto de Construção de Casa do Caseiro
TÍTULO Armadura Vigas Pav. Superior V9 / V11	
ESCALA 1:50	CÓDIGO TF - EST - DET - F23-R00

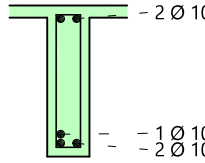
V10



Corte A



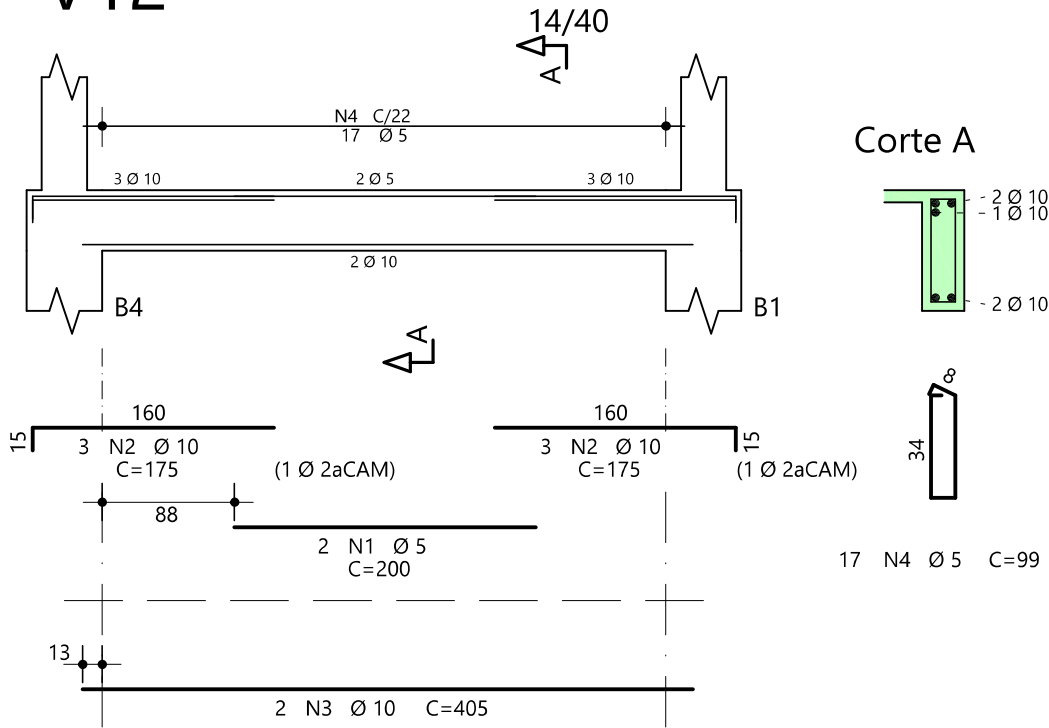
Corte B



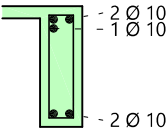
AÇO	POS	BIT (mm)	QUANT	COMPRIMENTO		
				UNIT (cm)	TOTAL (cm)	
V10						
60A	1	5	2	260	520	
50A	2	10	2	180	360	
60A	3	5	2	230	460	
50A	4	20	2	430	860	
50A	5	10	2	165	330	
50A	6	10	2	595	1190	
50A	7	10	2	345	690	
50A	8	10	2	515	1030	
50A	9	10	1	285	285	
60A	10	5	22	139	3058	
60A	11	5	24	119	2856	
50A	12	8	4	592	2368	
V12						
60A	1	5	2	200	400	
50A	2	10	6	175	1050	
50A	3	10	2	405	810	
60A	4	5	17	99	1683	

RESUMO DE AÇO			
AÇO	BIT (mm)	COMPR (m)	PESO (kg)
60A	5	90	14
50A	8	24	9
50A	10	57	35
50A	20	9	21
Peso Total	60A =	14 kg	
Peso Total	50A =	66 kg	

V12

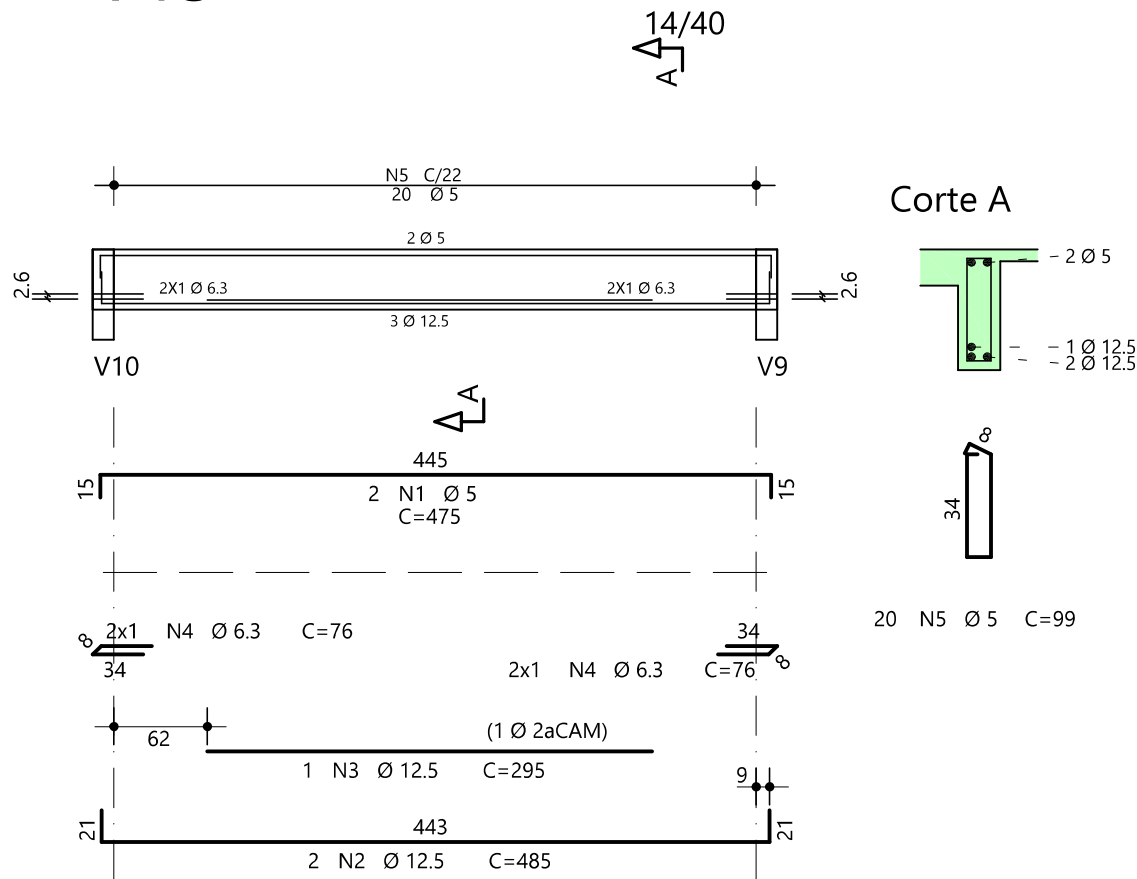


Corte A

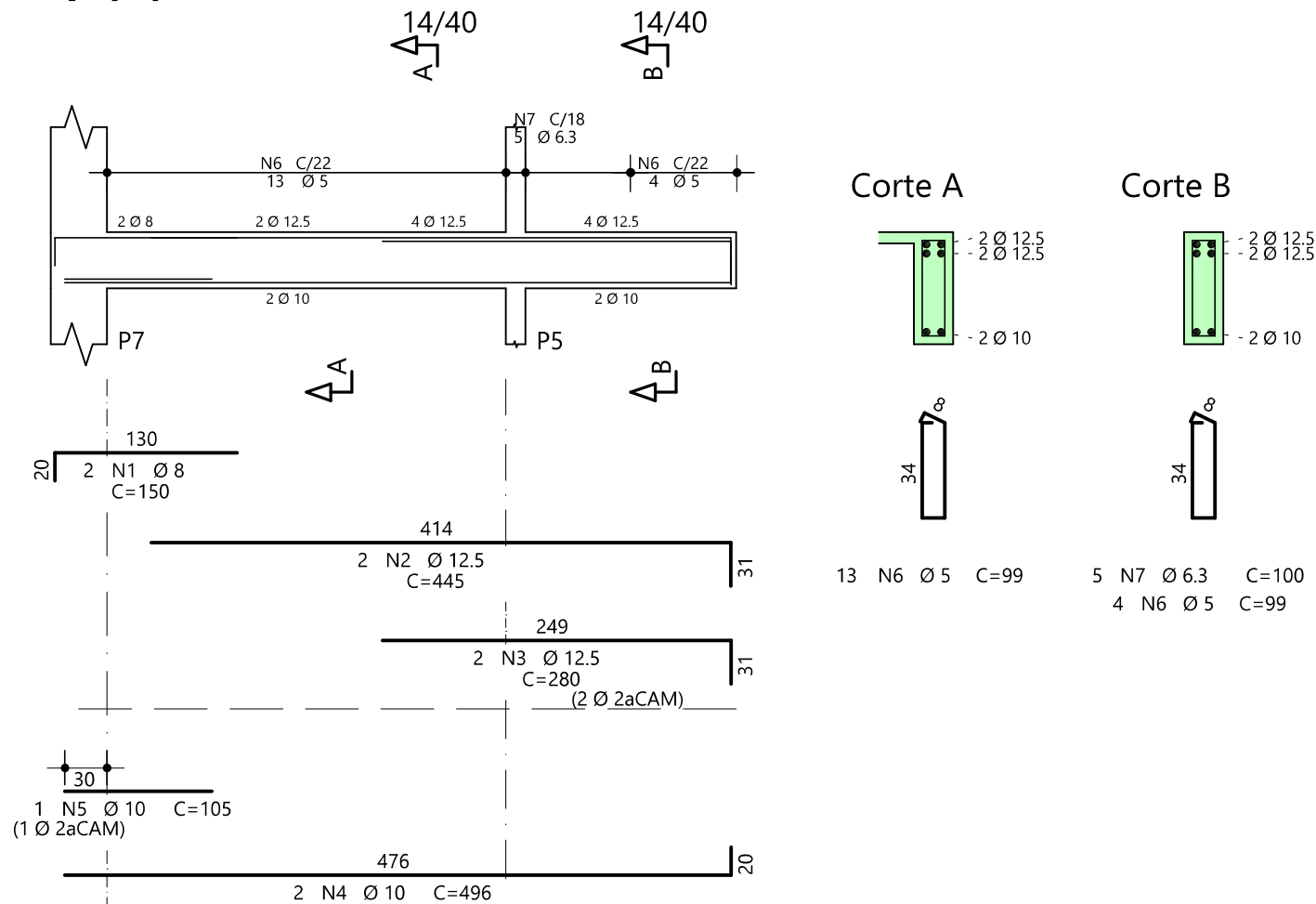


Escola Politécnica da USP	
MIRELLA DONATELLO 7632262	Orientador Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco
DATA 11/2018	CONCRETO fck = 25 MPa
FOLHA 24	
OBRA Projeto de Construção de Casa do Caseiro Trabalho de Formatura II	
TITULO Armadura Vigas Pav. Superior V10 / V12	
ESCALA 1:50	CÓDIGO TF - EST - DET - F24-R00

V13



V14

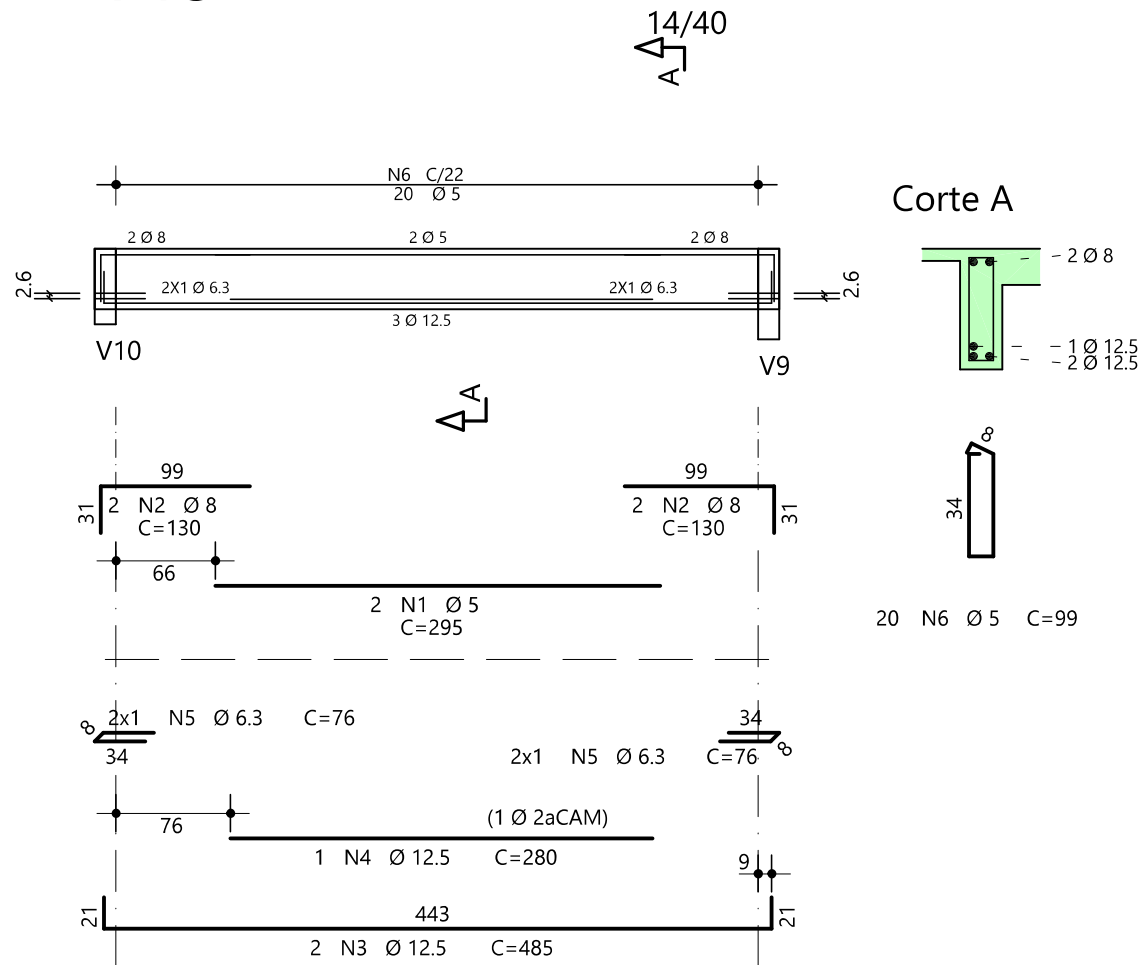


AÇO	POS	BIT (mm)	QUANT	COMPRIMENTO		
				UNIT (cm)	TOTAL (cm)	
V13						
60A	1	5	2	475	950	
50A	2	12.5	2	485	970	
50A	3	12.5	1	295	295	
50A	4	6.3	4	76	304	
60A	5	5	20	99	1980	
V14						
50A	1	8	2	150	300	
50A	2	12.5	2	445	890	
50A	3	12.5	2	280	560	
50A	4	10	2	496	992	
50A	5	10	1	105	105	
60A	6	5	17	99	1683	
50A	7	6.3	5	100	500	

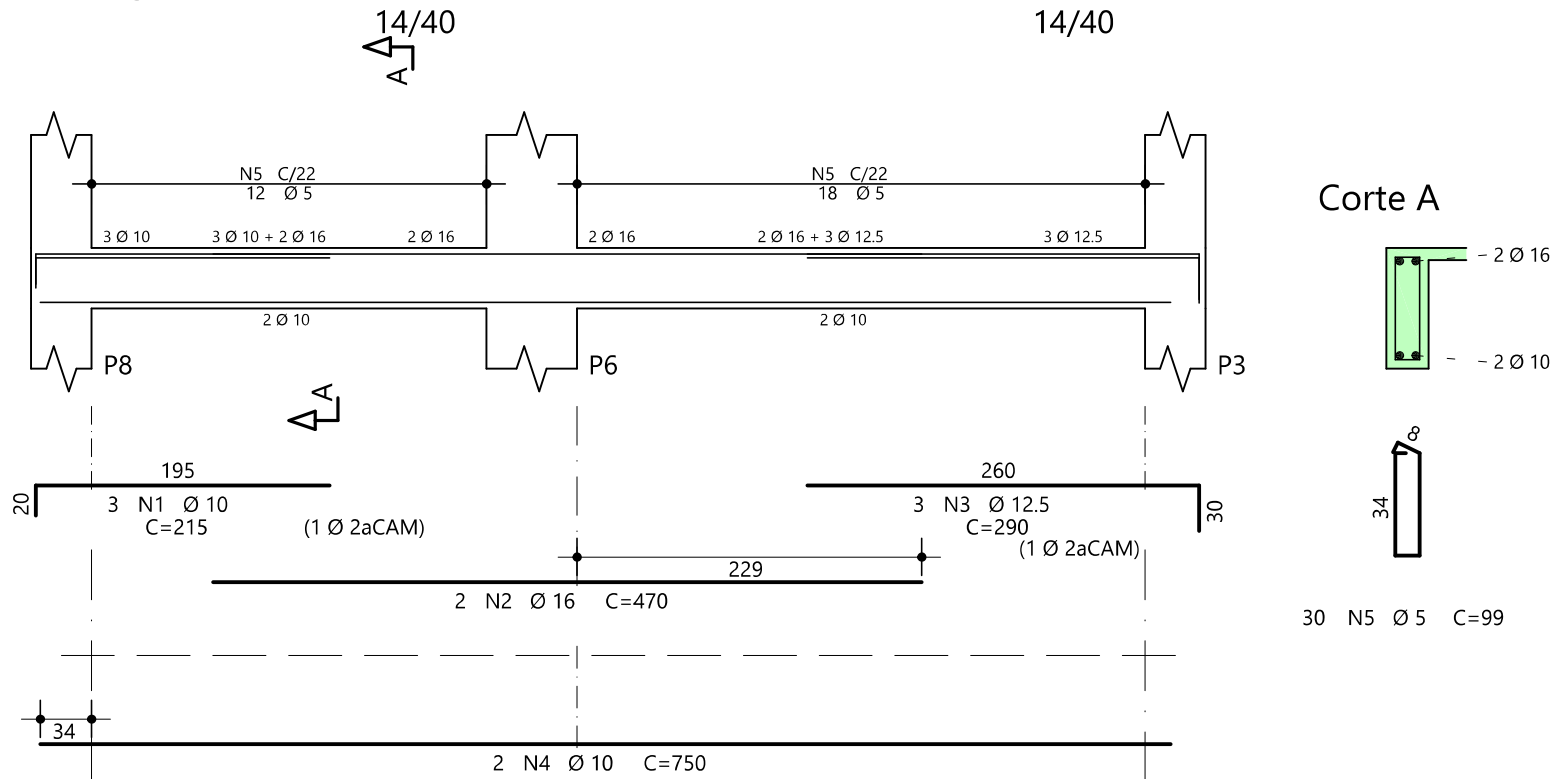
RESUMO DE AÇO			
AÇO	BIT (mm)	COMPR (m)	PESO (kg)
60A	5	46	7
50A	6.3	8	2
50A	8	3	1
50A	10	11	7
50A	12.5	27	26
Peso Total	60A =	7 kg	
Peso Total	50A =	36 kg	

Escola Politécnica da USP	
MIRELLA DONATELLO 7632262	Orientador Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco
DATA 11/2018	CONCRETO fck = 25 MPa
FOLHA 25	
OBRA Projeto de Construção de Casa do Caseiro Trabalho de Formatura II	
TÍTULO Armadura Vigas Pav. Superior V13 / V14	
ESCALA 1:50	CÓDIGO TF - EST - DET - F25-R00

V15



V16

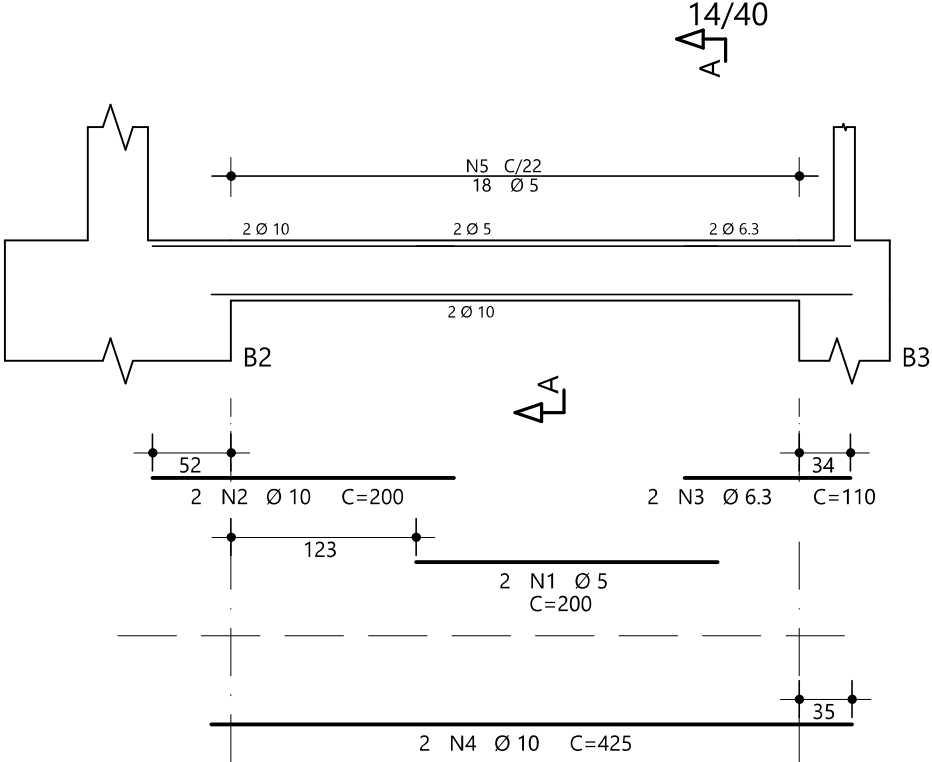


AÇO	POS	BIT (mm)	QUANT	COMPRIMENTO		
				UNIT (cm)	TOTAL (cm)	
V15						
60A	1	5	2	295	590	
50A	2	8	4	130	520	
50A	3	12.5	2	485	970	
50A	4	12.5	1	280	280	
50A	5	6.3	4	76	304	
60A	6	5	20	99	1980	
V16						
50A	1	10	3	215	645	
50A	2	16	2	470	940	
50A	3	12.5	3	290	870	
50A	4	10	2	750	1500	
60A	5	5	30	99	2970	

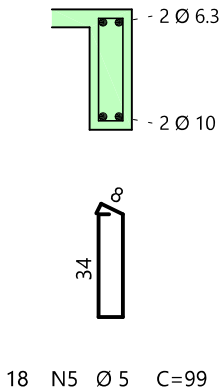
RESUMO DE AÇO			
AÇO	BIT (mm)	COMPR (m)	PESO (kg)
60A	5	55	9
50A	6.3	3	1
50A	8	5	2
50A	10	21	13
50A	12.5	21	20
50A	16	9	15
Peso Total	60A =	9 kg	
Peso Total	50A =	51 kg	

Escola Politécnica da USP	
MIRELLA DONATELLO 7632262	Orientador Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco
DATA 11/2018	CONCRETO fck = 25 MPa
FOLHA 26	
OBRA Projeto de Construção de Casa do Caseiro Trabalho de Formatura II	
TITULO Armadura Vigas Pav. Superior V15 / V16	
ESCALA 1:50	CÓDIGO TF - EST - DET - F26-R00

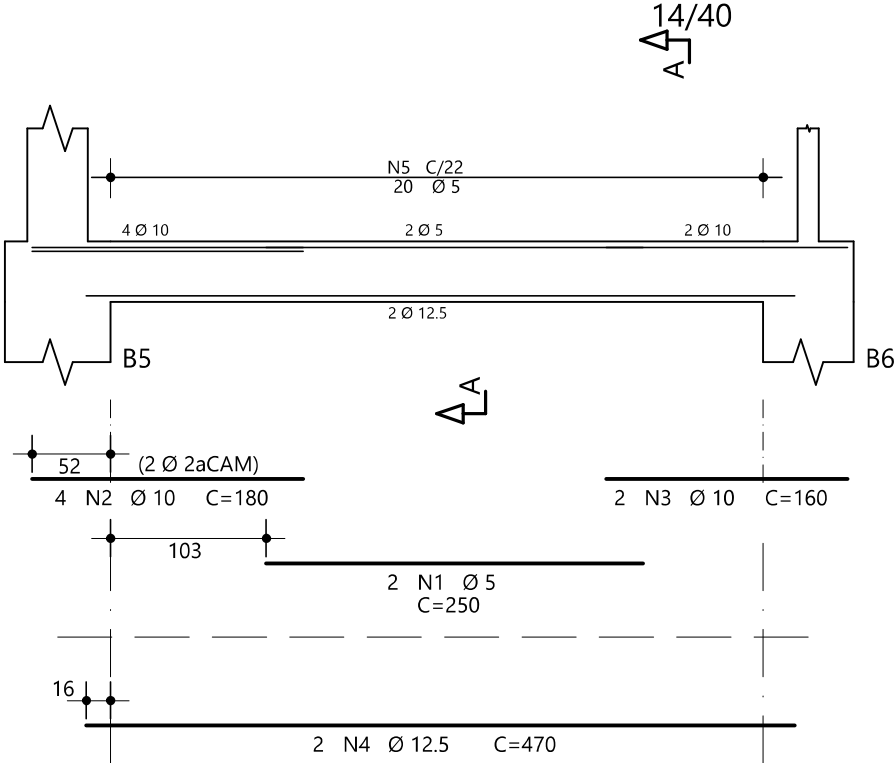
V17



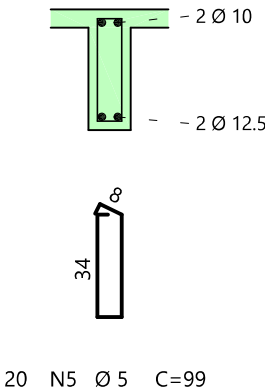
Corte A



V18



Corte A



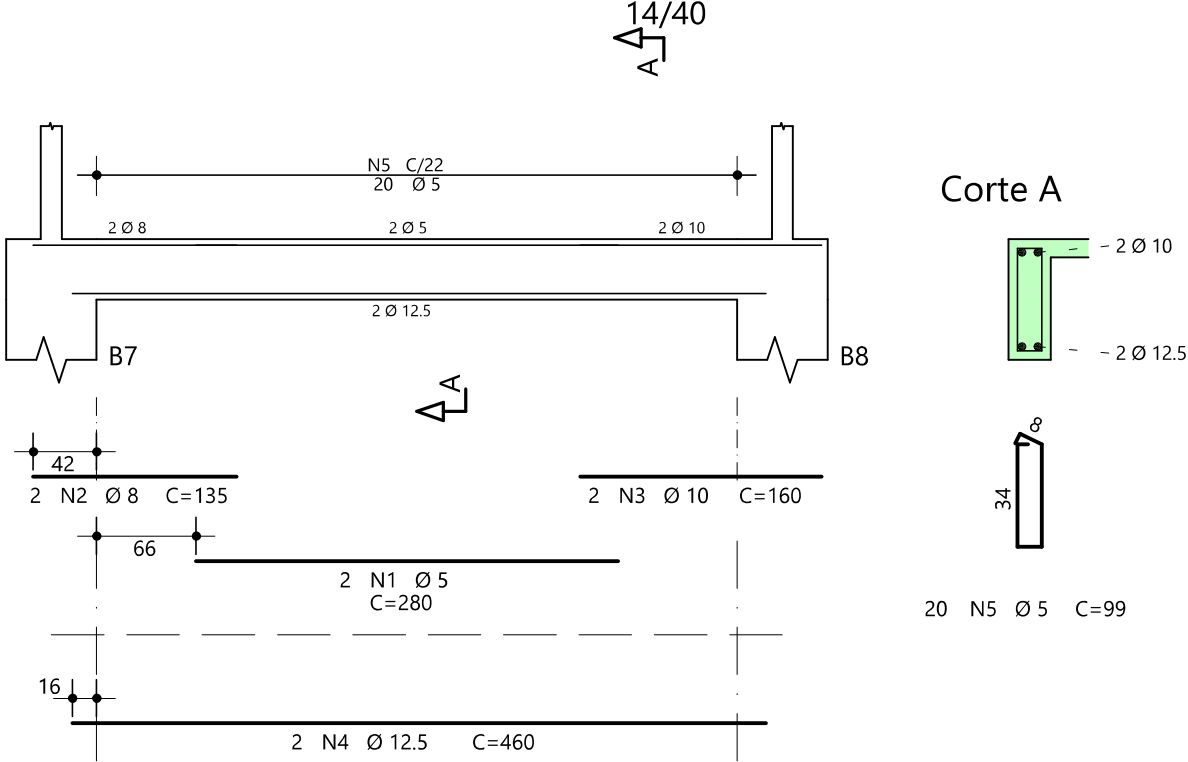
AÇO	POS	BIT (mm)	QUANT	COMPRIMENTO		
				UNIT (cm)	TOTAL (cm)	
V17						
60A	1	5	2	200	400	
50A	2	10	2	200	400	
50A	3	6.3	2	110	220	
50A	4	10	2	425	850	
60A	5	5	18	99	1782	
V18						
60A	1	5	2	250	500	
50A	2	10	4	180	720	
50A	3	10	2	160	320	
50A	4	12.5	2	470	940	
60A	5	5	20	99	1980	

RESUMO DE AÇO			
AÇO	BIT (mm)	COMPR (m)	PESO (kg)
60A	5	47	7
50A	6.3	2	1
50A	10	23	14
50A	12.5	9	9
Peso Total	60A =	7 kg	
Peso Total	50A =	24 kg	

27

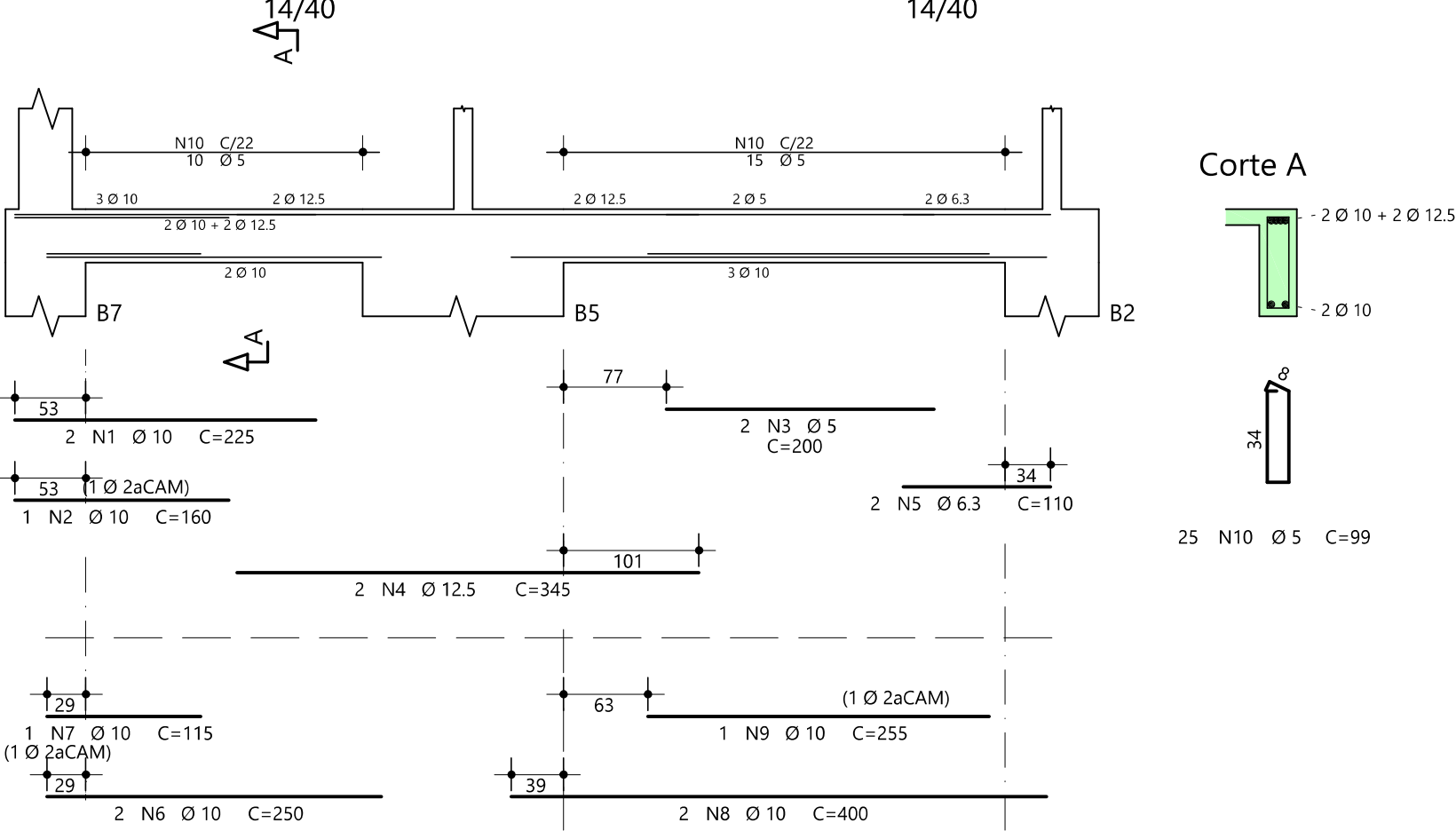
Escola Politécnica da USP	
MIRELLA DONATELLO 7632262	Orientador Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco
DATA 11/2018	CONCRETO fck = 25 MPa
FOLHA	
OBRA	Projeto de Construção de Casa do Caseiro
Trabalho de Formatura II	
TITULO	
Armadura Vigas	
Pav. Inferior	
V17 / V18	
ESCALA 1:50	CÓDIGO TF - EST - DET - F27-R00

V19



Corte A

V20



Corte A

AÇO	POS	BIT (mm)	QUANT	COMPRIMENTO		
				UNIT (cm)	TOTAL (cm)	
V19						
60A	1	5	2	280	560	
50A	2	8	2	135	270	
50A	3	10	2	160	320	
50A	4	12.5	2	460	920	
60A	5	5	20	99	1980	
V20						
50A	1	10	2	225	450	
50A	2	10	1	160	160	
60A	3	5	2	200	400	
50A	4	12.5	2	345	690	
50A	5	6.3	2	110	220	
50A	6	10	2	250	500	
50A	7	10	1	115	115	
50A	8	10	2	400	800	
50A	9	10	1	255	255	
60A	10	5	25	99	2475	

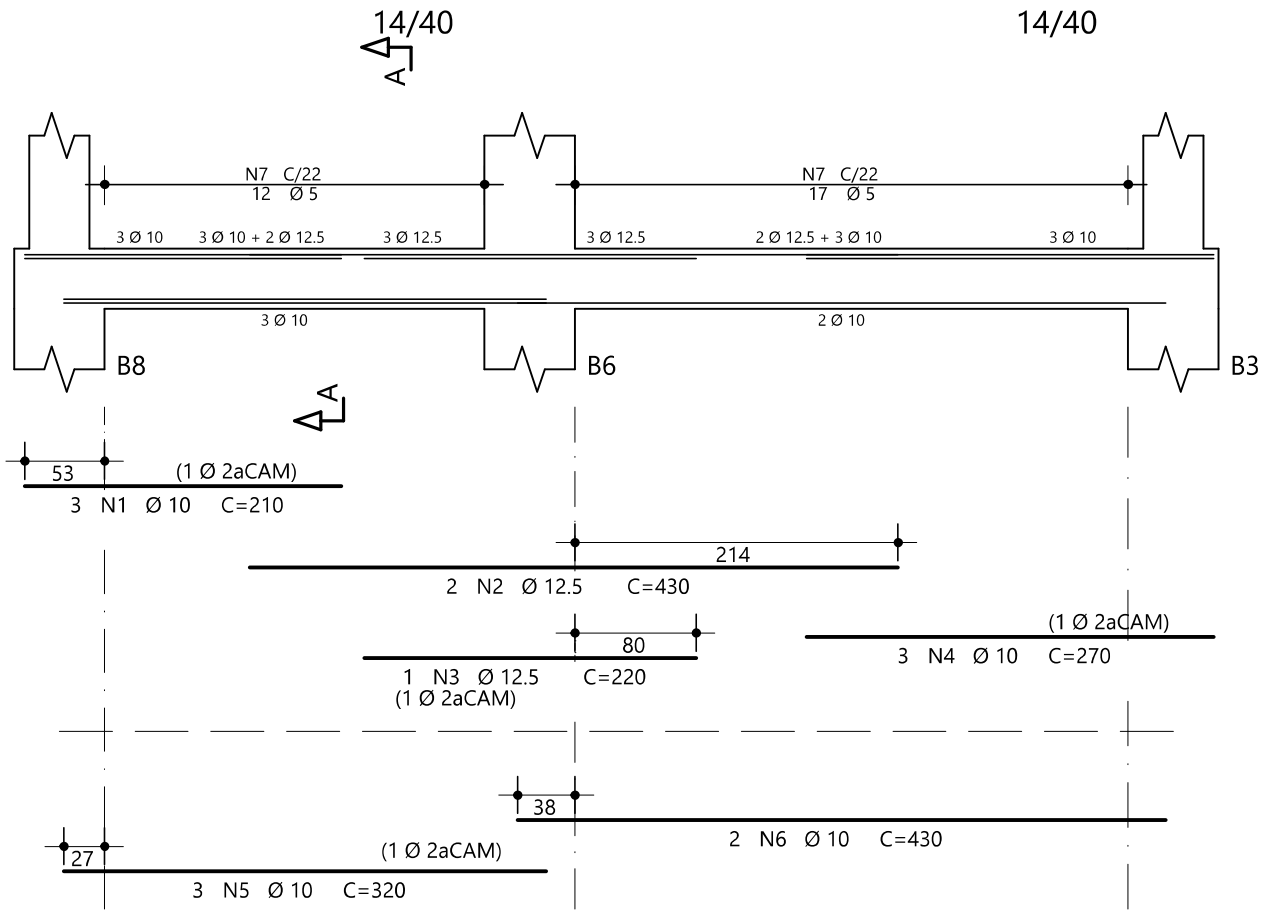
RESUMO DE AÇO			
AÇO	BIT (mm)	COMPR (m)	PESO (kg)
60A	5	54	8
50A	6.3	2	1
50A	8	3	1
50A	10	26	16
50A	12.5	16	16
Peso Total	60A =		8 kg
Peso Total	50A =		33 kg

Escola Politécnica da USP

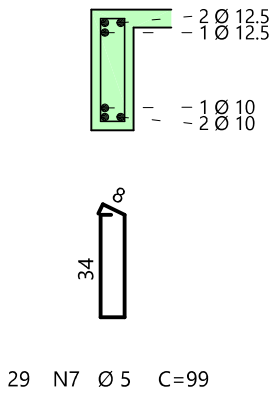
MIRELLA DONATELLO 7632262		Orientador Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco	
DATA	11/2018	CONCRETO fck = 25	MPa
FOLHA	28		
OBRA	Projeto de Construção de Casa do Caseiro		
Trabalho de Formatura II			
TITULO	Armadura Vigas Pav. Inferior V19 / V20		
ESCALA	1:50	CÓDIGO	TF - EST - DET - F28-R00

TQS USO NAO COMERCIAL SOMENTE AVALIACAO PL TF - EST - DET - F29-R00.PLT 22/11/2018 18:43:00

V21



Corte A

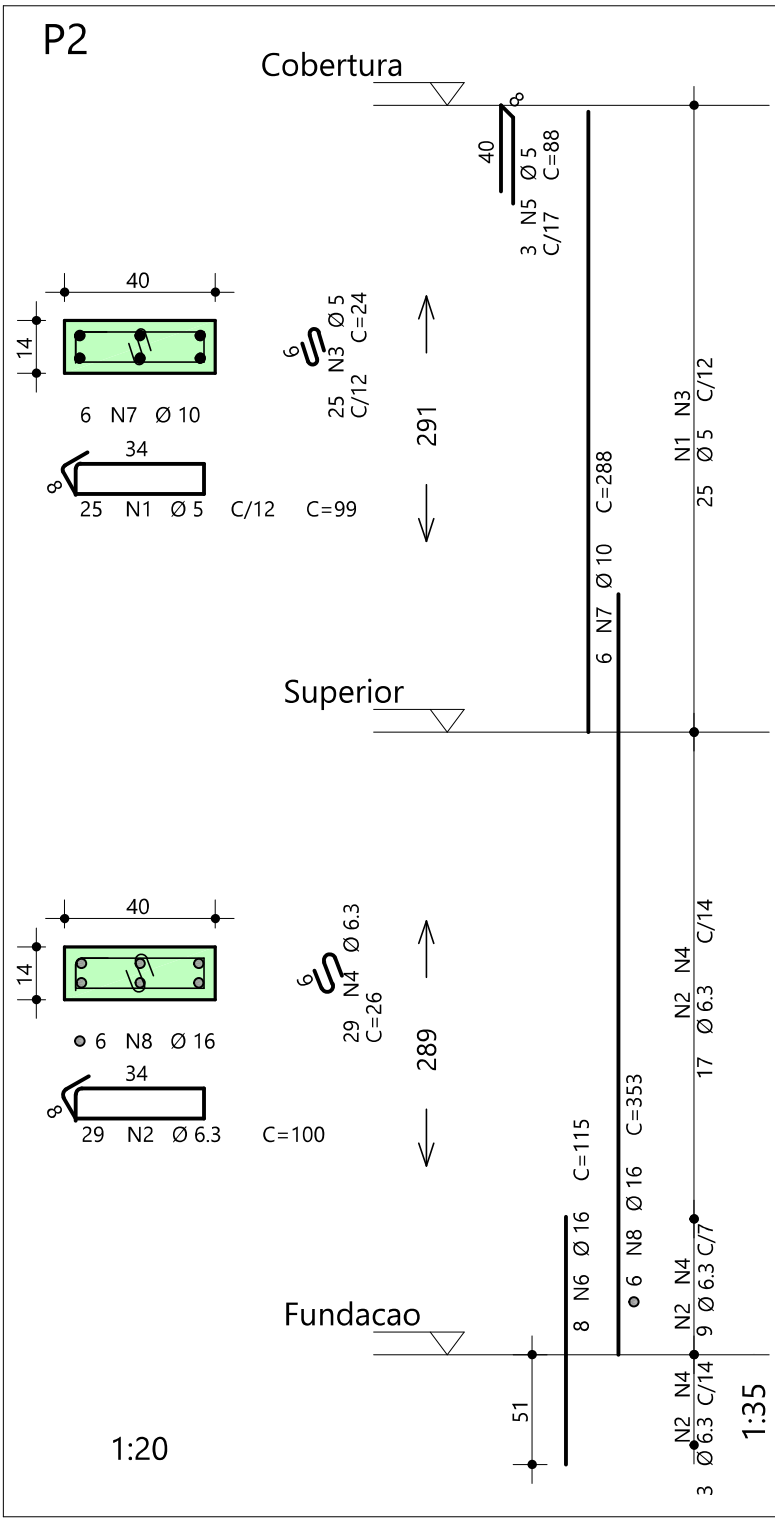
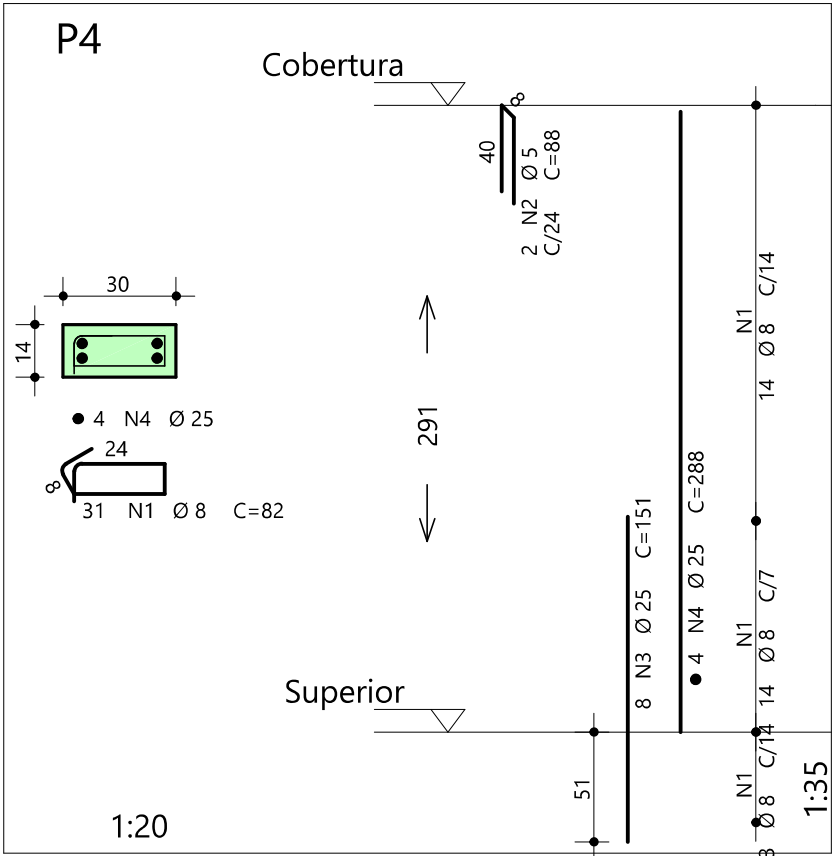
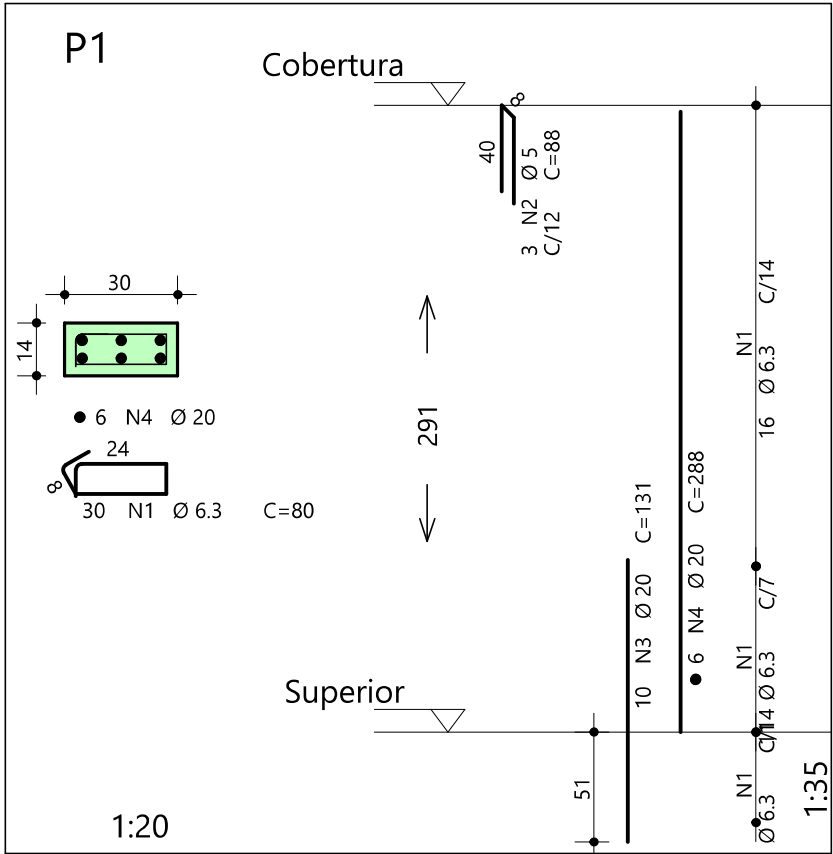


AÇO	POS	BIT (mm)	QUANT	COMPRIMENTO		
				UNIT (cm)	TOTAL (cm)	
V21						
50A	1	10	3	210	630	
50A	2	12.5	2	430	860	
50A	3	12.5	1	220	220	
50A	4	10	3	270	810	
50A	5	10	3	320	960	
50A	6	10	2	430	860	
60A	7	5	29	99	2871	

RESUMO DE AÇO			
AÇO	BIT (mm)	COMPR (m)	PESO (kg)
60A	5	29	4
50A	10	33	20
50A	12.5	11	10
Peso Total	60A =		4 kg
Peso Total	50A =		31 kg

Escola Politécnica da USP	
MIRELLA DONATELLO 7632262	Orientador Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco
DATA 11/2018	CONCRETO fck = 25 MPa
FOLHA 29	
OBRA Trabalho de Formatura II	Projeto de Construção de Casa do Caseiro
TITULO Armadura Vigas Pav. Inferior V21	
ESCALA 1:50	CÓDIGO TF - EST - DET - F29-R00

TQS USO NAO COMERCIAL SOMENTE AVALIACAO PL TF - EST - DET - F30-R00.PLT 22/11/2018 19:09:04



AÇO	POS	BIT (mm)	QUANT	COMPRIMENTO		
				UNIT (cm)	TOTAL (cm)	
P1 Lance 2						
50A	1	6.3	30	80	2400	
60A	2	5	3	88	264	
50A	3	20	10	131	1310	
50A	4	20	6	288	1728	
P2 Lances 1 a 2						
60A	1	5	25	99	2475	
50A	2	6.3	29	100	2900	
60A	3	5	25	24	600	
50A	4	6.3	29	26	754	
60A	5	5	3	88	264	
50A	6	16	8	115	920	
50A	7	10	6	288	1728	
50A	8	16	6	353	2118	
P4 Lance 2						
50A	1	8	31	82	2542	
60A	2	5	2	88	176	
50A	3	25	8	151	1208	
50A	4	25	4	288	1152	

RESUMO DE AÇO			
AÇO	BIT (mm)	COMPR (m)	PESO (kg)
60A	5	38	6
50A	6.3	61	15
50A	8	25	10
50A	10	17	11
50A	16	30	48
50A	20	30	75
50A	25	24	91
Peso Total	60A =	6 kg	
Peso Total	50A =	249 kg	

Escola Politécnica da USP

MIRELLA DONATELLO
7632262

Orientador
Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco

DATA

11/2018

CONCRETO

fck = 25 MPa

FOLHA

30

OBRA

Projeto de Construção de Casa do Caseiro

Trabalho de Formatura II

TITULO

Armadura Pilares

P1 / P2 / P4

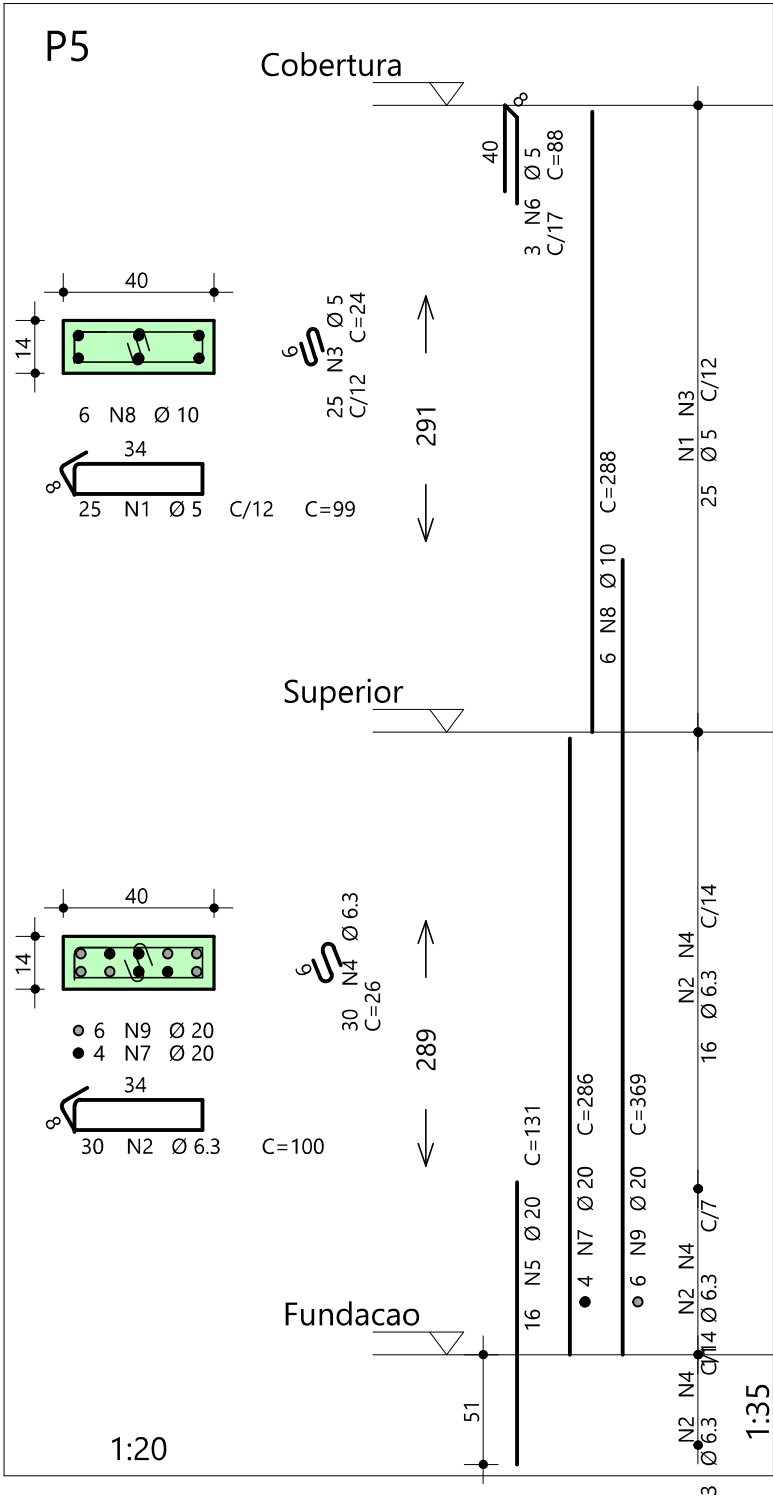
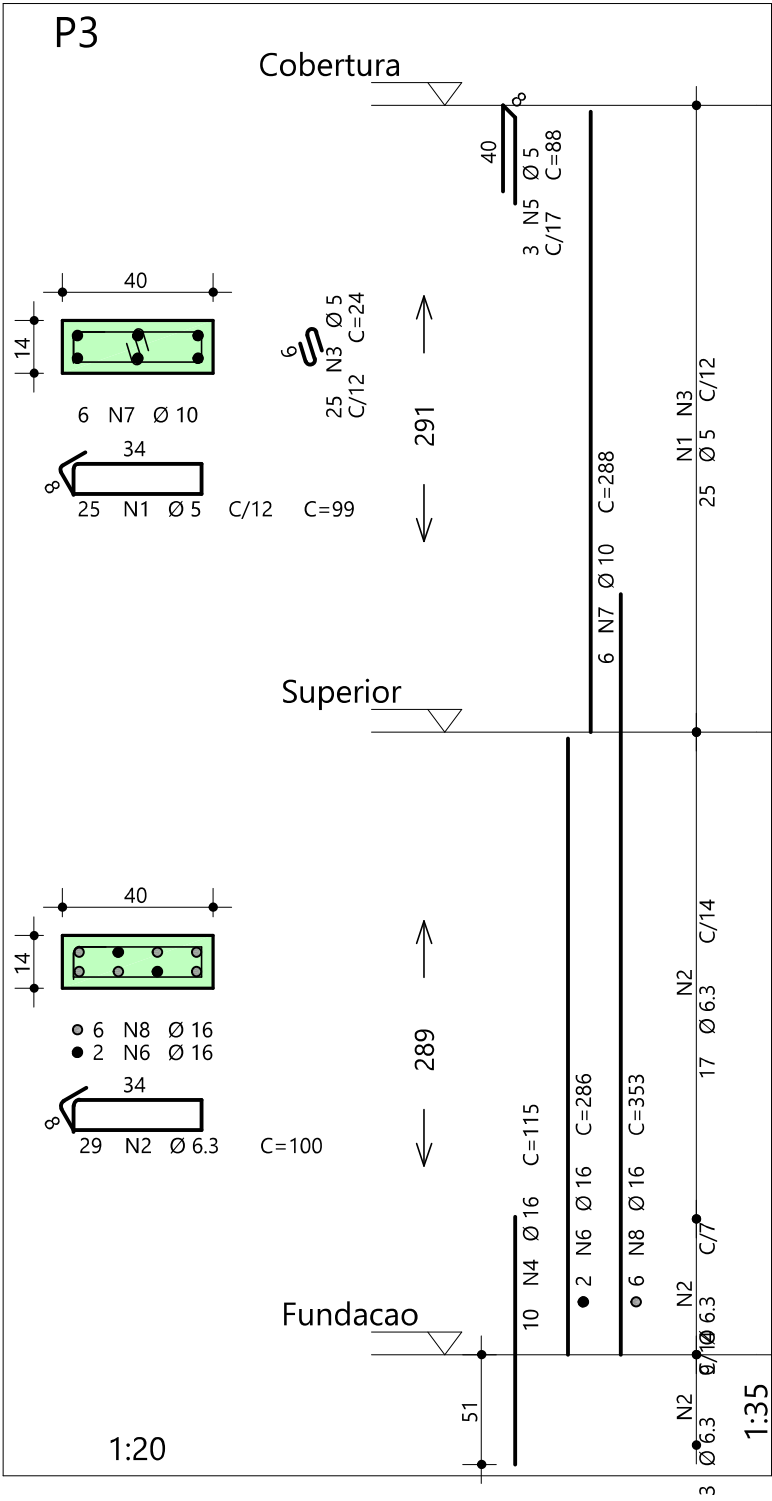
ESCALA

1:20

CÓDIGO

TF - EST - DET - F30-R00

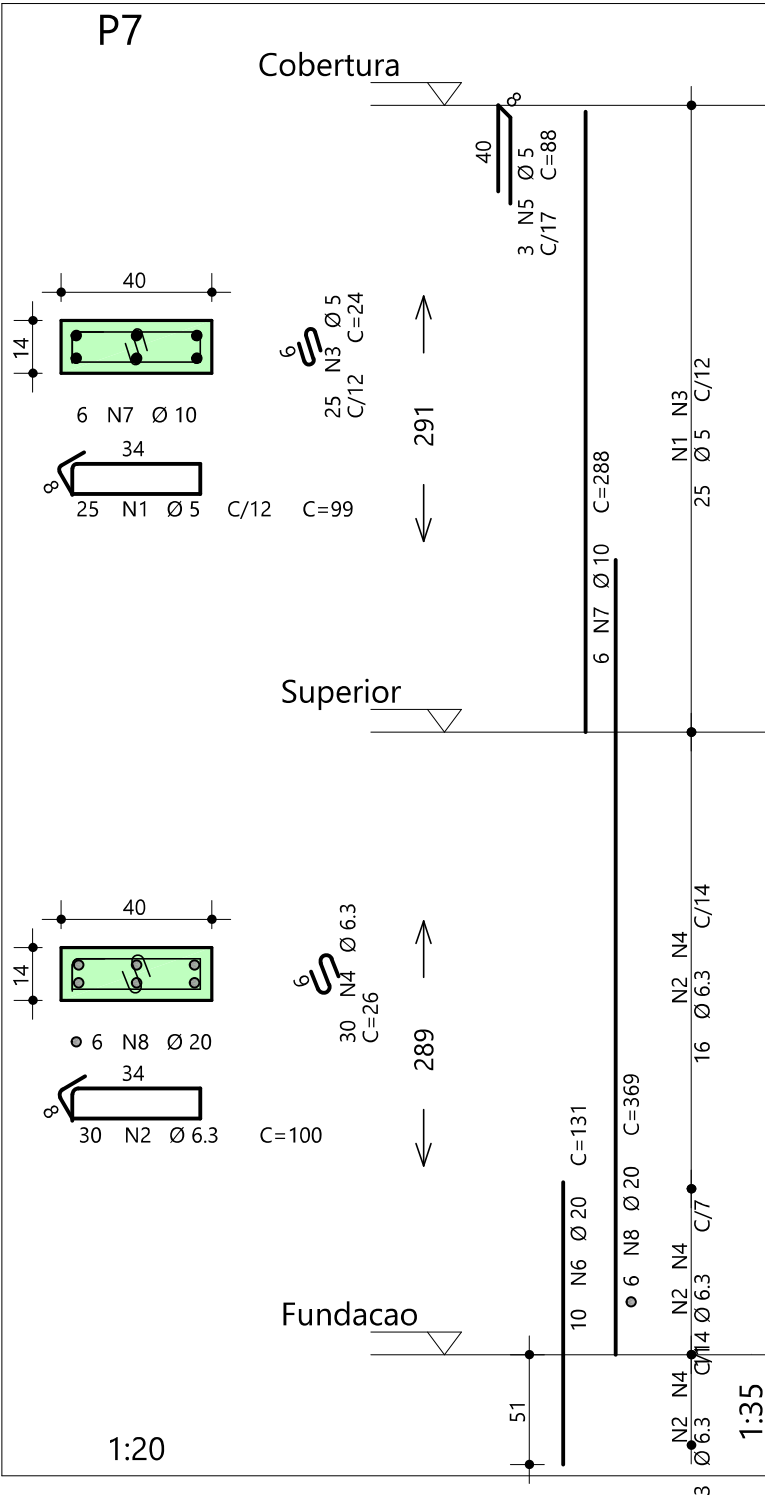
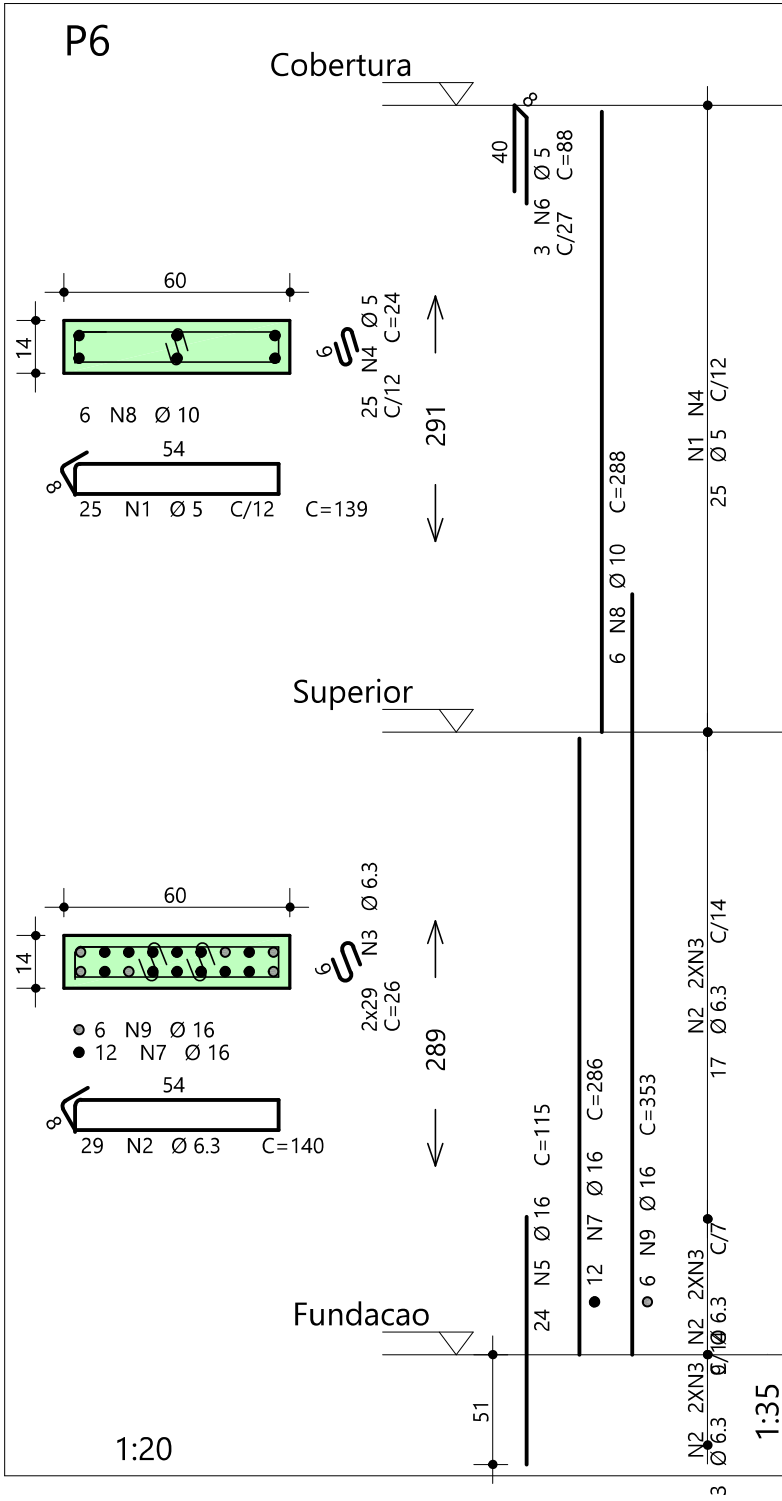
TQS USO NAO COMERCIAL SOMENTE AVALIACAO PL TF - EST - DET - F31-R00.PLT 22/11/2018 20:06:59



AÇO	POS	BIT (mm)	QUANT	COMPRIMENTO		
				UNIT (cm)	TOTAL (cm)	
P3						
	60A	1	5	25	99	2475
	50A	2	6.3	29	100	2900
	60A	3	5	25	24	600
	50A	4	16	10	115	1150
	60A	5	5	3	88	264
	50A	6	16	2	286	572
	50A	7	10	6	288	1728
	50A	8	16	6	353	2118
P5 = P8						
	60A	1	5	25	99	2475
	50A	2	6.3	30	100	3000
	60A	3	5	25	24	600
	50A	4	6.3	30	26	780
	50A	5	20	16	131	2096
	60A	6	5	3	88	264
	50A	7	20	4	286	1144
	50A	8	10	6	288	1728
	50A	9	20	6	369	2214

RESUMO DE AÇO			
AÇO	BIT (mm)	COMPR (m)	PESO (kg)
60A	5	67	10
50A	6.3	67	16
50A	10	35	21
50A	16	38	61
50A	20	55	134
Peso Total	60A =	10 kg	
Peso Total	50A =	233 kg	

Escola Politécnica da USP	
MIRELLA DONATELLO 7632262	Orientador Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco
DATA 11/2018	CONCRETO fck = 25 MPa
FOLHA 31	
OBRA Projeto de Construção de Casa do Caseiro Trabalho de Formatura II	
TITULO Armadura Pilares	
P3 / P5	
ESCALA 1:20	CÓDIGO TF - EST - DET - F31-R00

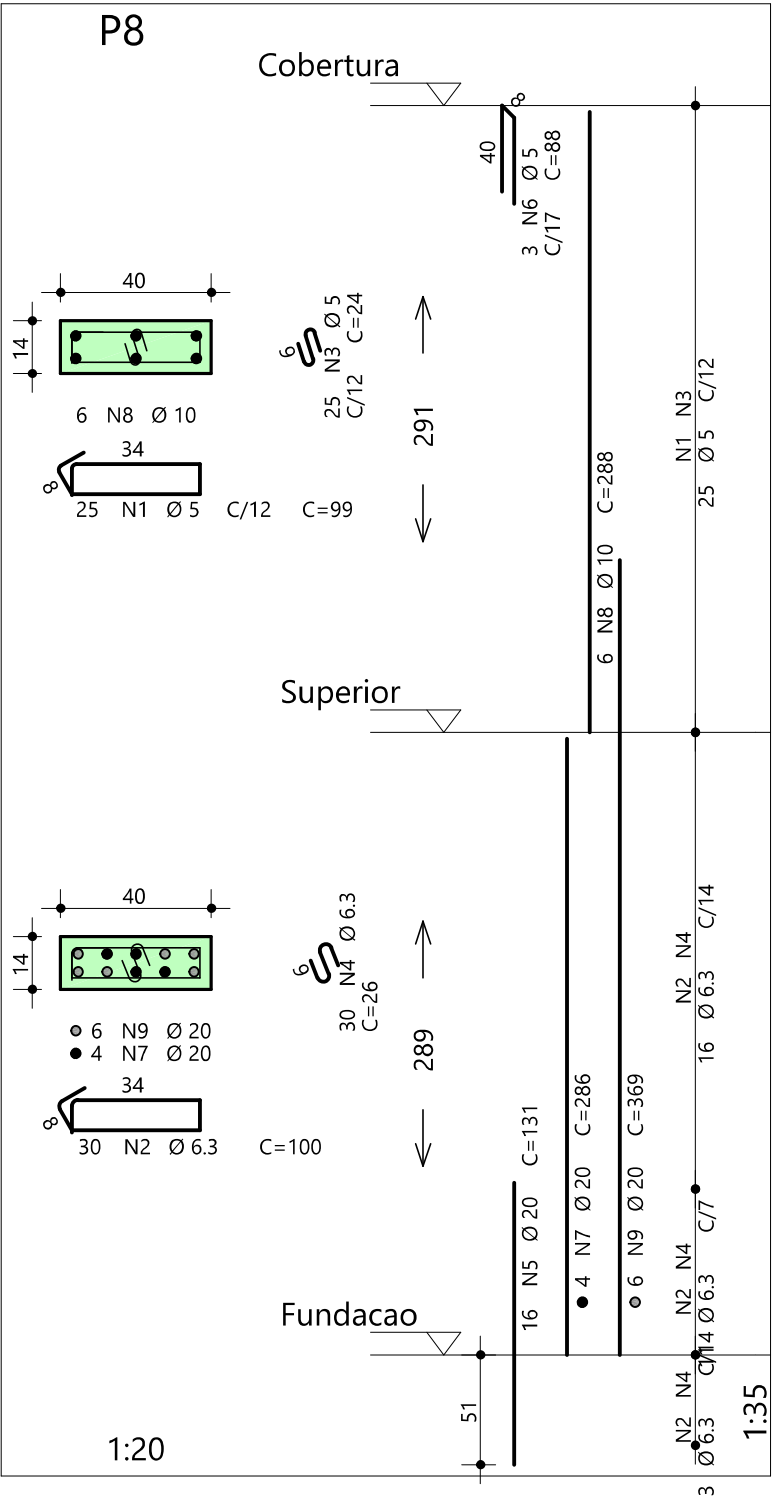


AÇO	POS	BIT (mm)	QUANT	COMPRIMENTO		
				UNIT (cm)	TOTAL (cm)	
P6 Lances 1 a 2						
	60A	1	5	25	139	3475
	50A	2	6.3	29	140	4060
	50A	3	6.3	58	26	1508
	60A	4	5	25	24	600
	50A	5	16	24	115	2760
	60A	6	5	3	88	264
	50A	7	16	12	286	3432
	50A	8	10	6	288	1728
	50A	9	16	6	353	2118
P7 Lances 1 a 2						
	60A	1	5	25	99	2475
	50A	2	6.3	30	100	3000
	60A	3	5	25	24	600
	50A	4	6.3	30	26	780
	60A	5	5	3	88	264
	50A	6	20	10	131	1310
	50A	7	10	6	288	1728
	50A	8	20	6	369	2214

RESUMO DE AÇO			
AÇO	BIT (mm)	COMPR (m)	PESO (kg)
60A	5	77	12
50A	6.3	93	23
50A	10	35	21
50A	16	83	131
50A	20	35	87
Peso Total	60A =	12 kg	
Peso Total	50A =	262 kg	

Escola Politécnica da USP	
MIRELLA DONATELLO 7632262	Orientador Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco
DATA 11/2018	CONCRETO fck = 25 MPa
FOLHA 32	
OBRA Projeto de Construção de Casa do Caseiro Trabalho de Formatura II	
TITULO Armadura Pilares	
P6 / P7	
ESCALA 1:20	CÓDIGO TF - EST - DET - F32-R00

TQS USO NAO COMERCIAL SOMENTE AVALIACAO PL TF - EST - DET - F33-R00.PLT 22/11/2018 20:07:00



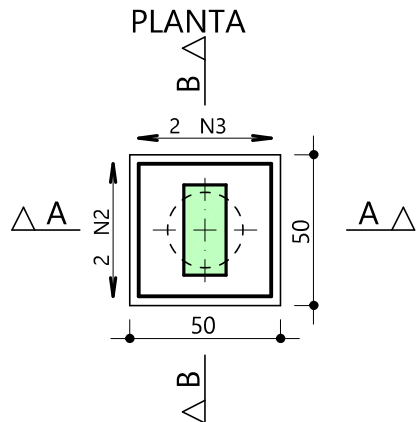
AÇO	POS	BIT (mm)	QUANT	COMPRIMENTO		
				UNIT (cm)	TOTAL (cm)	
P8 Lances 1 a 2						
60A	1	5	25	99	2475	
50A	2	6.3	30	100	3000	
60A	3	5	25	24	600	
50A	4	6.3	30	26	780	
50A	5	20	16	131	2096	
60A	6	5	3	88	264	
50A	7	20	4	286	1144	
50A	8	10	6	288	1728	
50A	9	20	6	369	2214	

RESUMO DE AÇO			
AÇO	BIT (mm)	COMPR (m)	PESO (kg)
60A	5	33	5
50A	6.3	38	9
50A	10	17	11
50A	20	55	134
Peso Total	60A =	5 kg	
Peso Total	50A =	154 kg	

Escola Politécnica da USP	
MIRELLA DONATELLO 7632262	Orientador Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco
DATA 11/2018	CONCRETO fck = 25 MPa
FOLHA 33	
OBRA Projeto de Construção de Casa do Caseiro Trabalho de Formatura II	
TITULO Armadura Pilares	
P8	
ESCALA 1:20	CÓDIGO TF - EST - DET - F33-R00

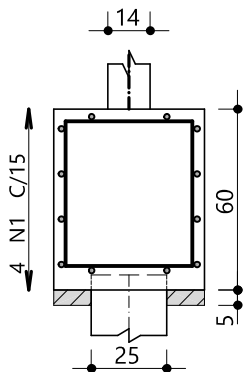
TQS USO NAO COMERCIAL SOMENTE AVALIACAO PL TF - FUN - DET - F01-R00.PLT 22/11/2018 19:54:36

B1
(ESCALA 1:25)

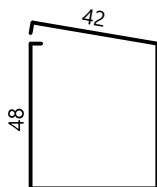
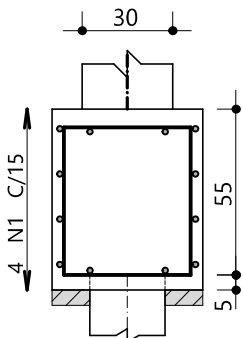


4 N1 Ø 5 C/15 C=191

CORTE A - A

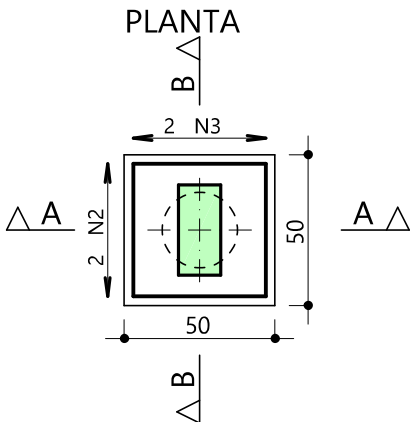


CORTE B - B



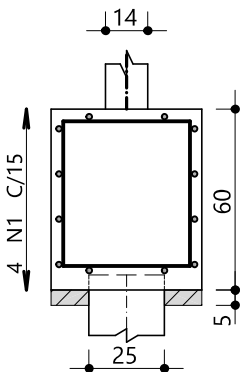
2 N2 Ø 10 C=203

B4
(ESCALA 1:25)

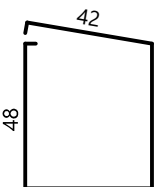
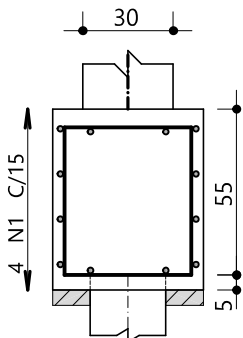


4 N1 Ø 5 C/15 C=191

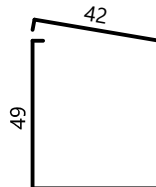
CORTE A - A



CORTE B - B



2 N2 Ø 10 C=203



2 N3 Ø 10 C=205

AÇO	POS	BIT (mm)	QUANT	COMPRIMENTO		
				UNIT (cm)	TOTAL (cm)	
B1						
60A	1	5	4	191	764	
50A	2	10	2	203	406	
50A	3	10	2	205	410	
B4						
60A	1	5	4	191	764	
50A	2	10	2	203	406	
50A	3	10	2	205	410	

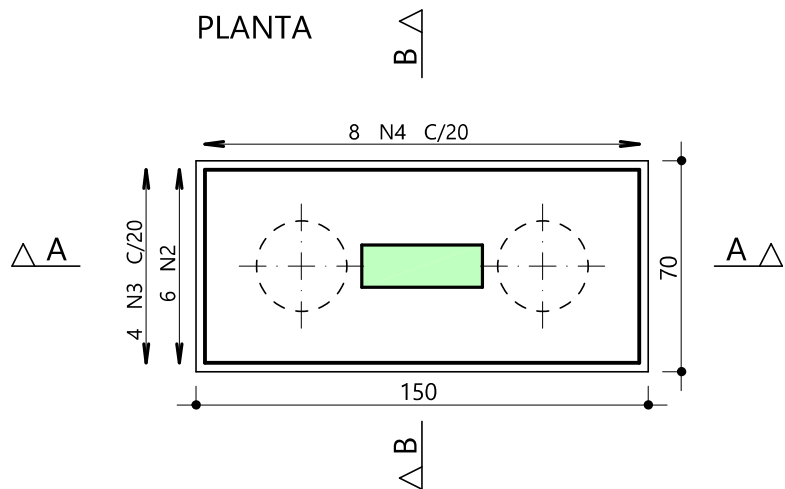
RESUMO DE AÇO			
AÇO	BIT (mm)	COMPR (m)	PESO (kg)
60A	5	15	2
50A	10	16	10
Peso Total	60A =	2 kg	
Peso Total	50A =	10 kg	

Escola Politécnica da USP	
MIRELLA DONATELLO 7632262	Orientador Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco
DATA 11/2018	CONCRETO fck = 25 MPa
FOLHA 01	
OBRA Projeto de Construção de Casa do Caseiro Trabalho de Formatura II	
TITULO Armadura Fundação Pav. Superior B1 / B4	
ESCALA 1:25	CÓDIGO TF - FUN - DET - F01-R00

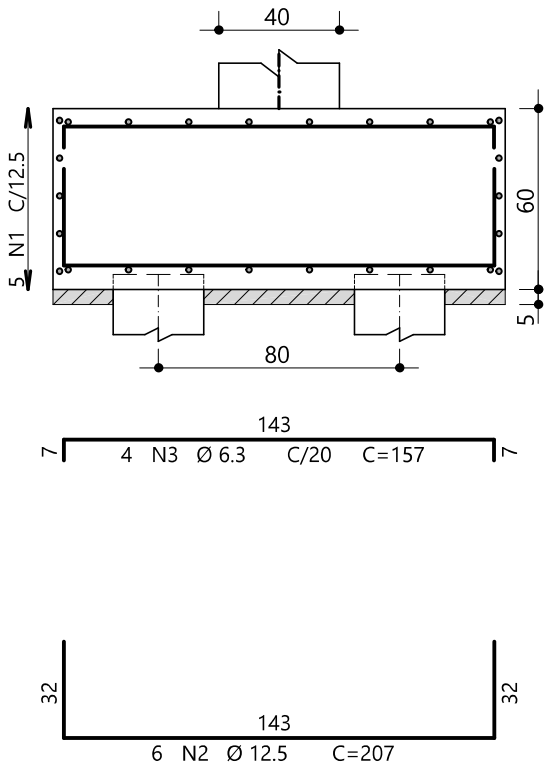
TQS USO NAO COMERCIAL SOMENTE AVALIACAO PL TF - FUN - DET - F02-R00.PLT 22/11/2018 19:54:36

B2
(ESCALA 1:25)

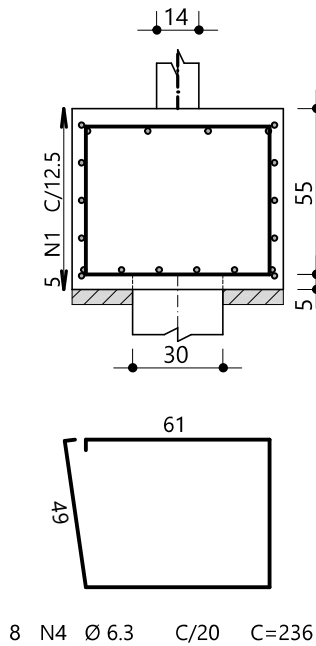
PLANTA



CORTE A - A



CORTE B - B



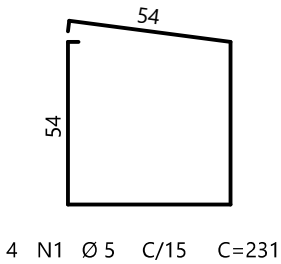
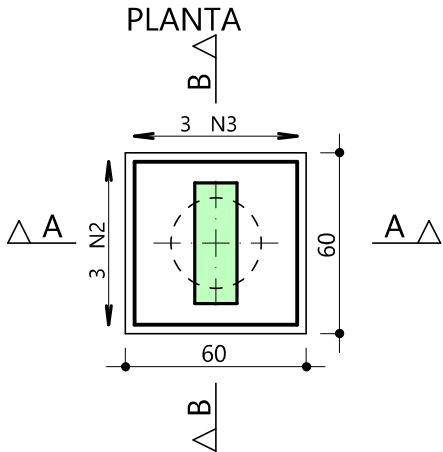
AÇO	POS	BIT (mm)	QUANT	COMPRIMENTO		
				UNIT (cm)	TOTAL (cm)	
B2						
50A	1	6.3	5	432	2160	
50A	2	12.5	6	207	1242	
50A	3	6.3	4	157	628	
50A	4	6.3	8	236	1888	

RESUMO DE AÇO			
AÇO	BIT (mm)	COMPR (m)	PESO (kg)
50A	6.3	47	11
50A	12.5	12	12
Peso Total	50A =		23 kg

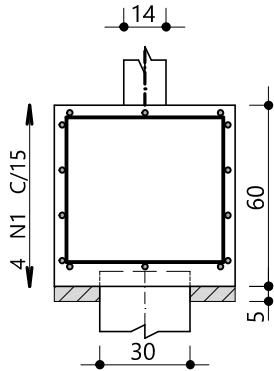
Escola Politécnica da USP	
MIRELLA DONATELLO 7632262	Orientador Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco
DATA 11/2018	CONCRETO fck = 25 MPa
FOLHA 02	
OBRA Projeto de Construção de Casa do Caseiro Trabalho de Formatura II	
TITULO Armadura Fundação Pav. Inferior B2	
ESCALA 1:25	CÓDIGO TF - FUN - DET - F02-R00

TQS USO NÃO COMERCIAL SOMENTE AVALIAÇÃO PL TF - FUN - DET - F03-R00.PLT 22/11/2018 19:54:37

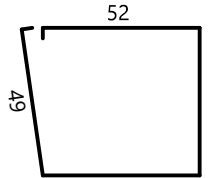
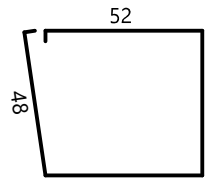
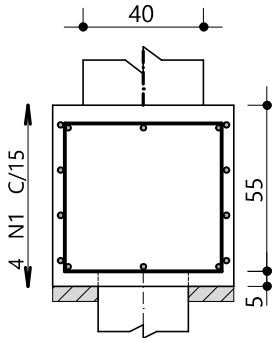
B3
(ESCALA 1:25)



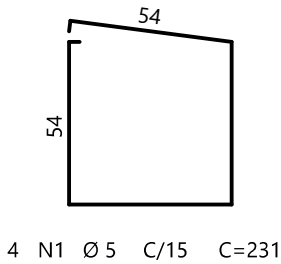
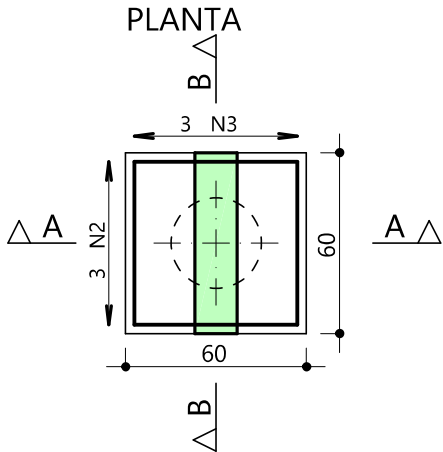
CORTE A - A



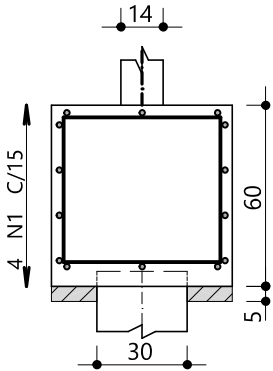
CORTE B - B



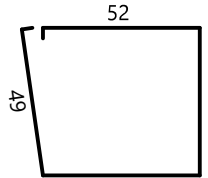
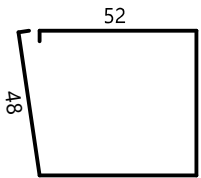
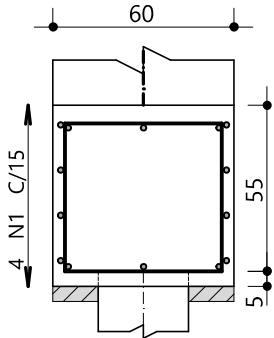
B6
(ESCALA 1:25)



CORTE A - A



CORTE B - B



AÇO	POS	BIT (mm)	QUANT	COMPRIMENTO		
				UNIT (cm)	TOTAL (cm)	
B3						
60A	1	5	4	231	924	
50A	2	10	3	223	669	
50A	3	10	3	225	675	
B6						
60A	1	5	4	231	924	
50A	2	10	3	223	669	
50A	3	10	3	225	675	

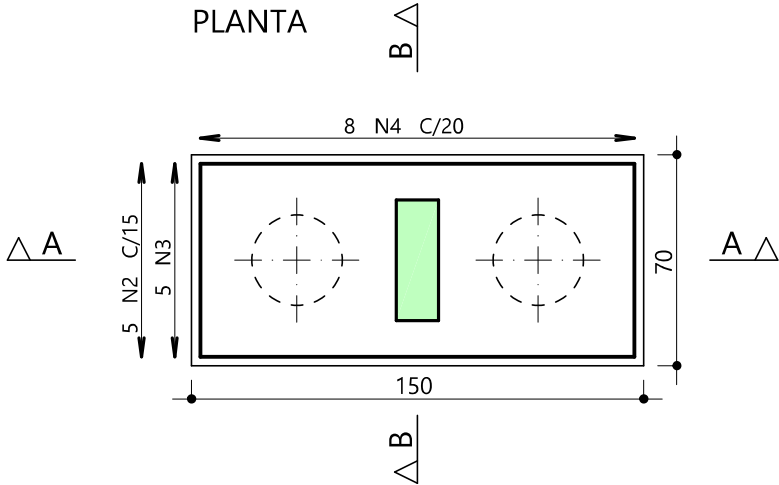
RESUMO DE AÇO			
AÇO	BIT (mm)	COMPR (m)	PESO (kg)
60A	5	18	3
50A	10	27	17
Peso Total	60A =		3 kg
Peso Total	50A =		17 kg

Escola Politécnica da USP	
MIRELLA DONATELLO 7632262	Orientador Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco
DATA 11/2018	CONCRETO fck = 25 MPa
FOLHA 03	
OBRA Projeto de Construção de Casa do Caseiro Trabalho de Formatura II	
TITULO Armadura Fundação Pav. Inferior B3 / B6	
ESCALA 1:25	CÓDIGO TF - FUN - DET - F03-R00

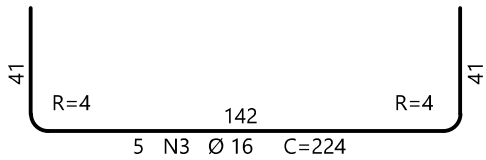
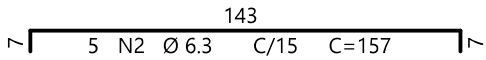
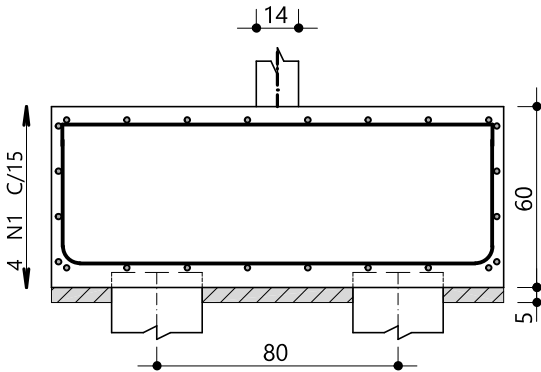
TQS USO NÃO COMERCIAL SOMENTE AVALIAÇÃO PL TF - FUN - DET - F04-R00.PLT 22/11/2018 19:54:37

B5
(ESCALA 1:25)

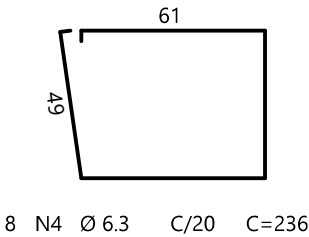
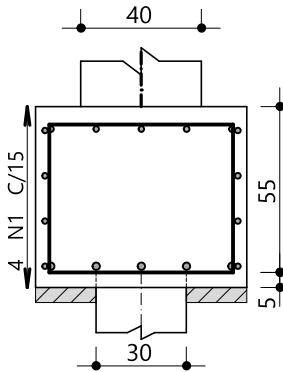
PLANTA



CORTE A - A



CORTE B - B



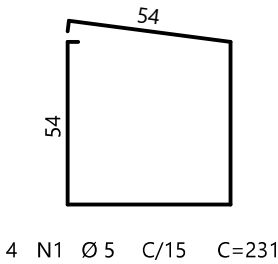
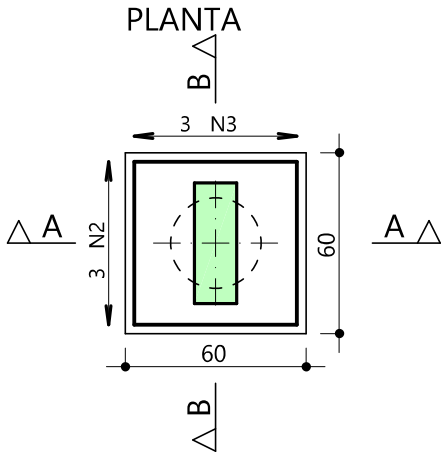
AÇO	POS	BIT (mm)	QUANT	COMPRIMENTO		
				UNIT (cm)	TOTAL (cm)	
B5						
50A	1	8	4	434	1736	
50A	2	6.3	5	157	785	
50A	3	16	5	224	1120	
50A	4	6.3	8	236	1888	

RESUMO DE AÇO			
AÇO	BIT (mm)	COMPR (m)	PESO (kg)
50A	6.3	27	7
50A	8	17	7
50A	16	11	18
Peso Total	50A =	31 kg	

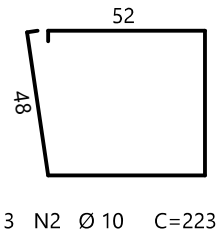
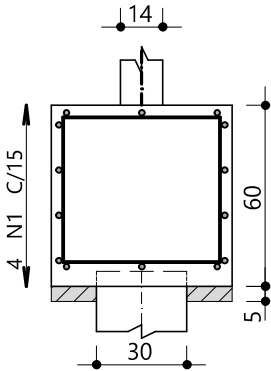
Escola Politécnica da USP	
MIRELLA DONATELLO 7632262	Orientador Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco
DATA 11/2018	CONCRETO fck = 25 MPa
FOLHA 04	
OBRA Projeto de Construção de Casa do Caseiro Trabalho de Formatura II	
TITULO Armadura Fundação Pav. Inferior B5	
ESCALA 1:25	CÓDIGO TF - FUN - DET - F04-R00

TQS USO NAO COMERCIAL SOMENTE AVALIACAO PL TF - FUN - DET - F05-R00.PLT 22/11/2018 23:15:47

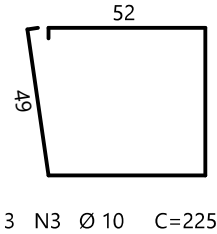
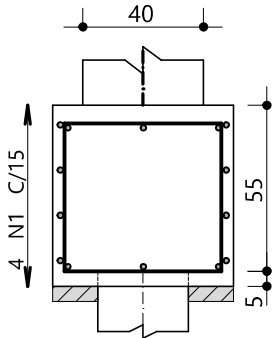
B7
(ESCALA 1:25)



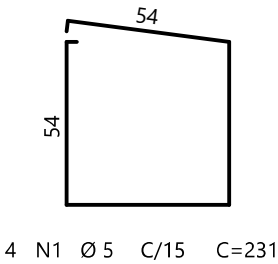
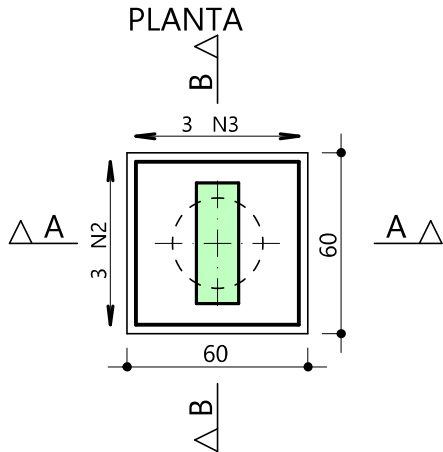
CORTE A - A



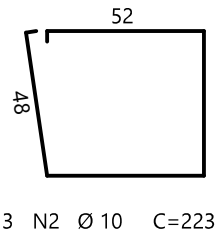
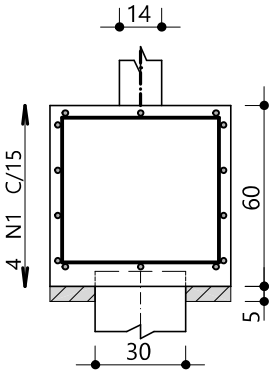
CORTE B - B



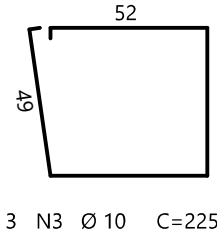
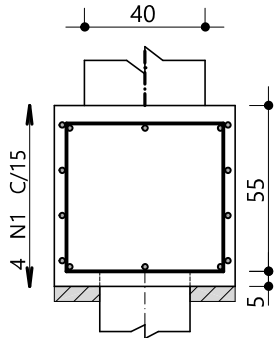
B8
(ESCALA 1:25)



CORTE A - A



CORTE B - B



AÇO	POS	BIT (mm)	QUANT	COMPRIMENTO		
				UNIT (cm)	TOTAL (cm)	
B7						
60A	1	5	4	231	924	
50A	2	10	3	223	669	
50A	3	10	3	225	675	
B8						
60A	1	5	4	231	924	
50A	2	10	3	223	669	
50A	3	10	3	225	675	

RESUMO DE AÇO			
AÇO	BIT (mm)	COMPR (m)	PESO (kg)
60A	5	18	3
50A	10	27	17
Peso Total	60A =	3 kg	
Peso Total	50A =	17 kg	

Escola Politécnica da USP	
MIRELLA DONATELLO 7632262	Orientador Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco
DATA 11/2018	CONCRETO fck = 25 MPa
FOLHA 05	
OBRA Projeto de Construção de Casa do Caseiro Trabalho de Formatura II	
TITULO Armadura Fundação Pav. Inferior B7 / B8	
ESCALA 1:25	CÓDIGO TF - FUN - DET - F05-R00