



JOÃO PEDRO GOULART CINTRA

**PROPOSTA DE EDIFICAÇÃO TÉRREA EM ALVENARIA
ESTRUTURAL E FUNDAÇÃO EM RADIER:
ALTERNATIVA À ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO E
FUNDAÇÃO POR ESTACA ESCAVADA**

LAVRAS-MG

2022

JOÃO PEDRO GOULART CINTRA

**PROPOSTA DE EDIFICAÇÃO TÉRREA EM ALVENARIA
ESTRUTURAL E FUNDAÇÃO EM RADIER:
ALTERNATIVA À ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO E
FUNDAÇÃO POR ESTACA ESCAVADA**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Civil, para a obtenção do título de Bacharel.



Professor Dr. Wisner Coimbra de Paula

Orientador

LAVRAS-MG

2022

JOÃO PEDRO GOULART CINTRA

**PROPOSTA DE EDIFICAÇÃO TÉRREA EM ALVENARIA ESTRUTURAL E
FUNDAÇÃO EM RADIER: ALTERNATIVA À ESTRUTURA DE CONCRETO
ARMADO E FUNDAÇÃO POR ESTACA ESCAVADA**

**PROPOSAL IN STRUCTURAL MASONRY AND RADIER FOUNDATION IN
GROUND BUILDING: ALTERNATIVE TO REINFORCED CONCRETE STRUCTURE
AND DIGGED PILE FOUNDATION**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Civil, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 13 de Setembro de 2022

Prof. Dr. Rafael Santos de Moraes, UFLA

Prof. Dr. Igor José Mendes Lemes, UFLA



Professor Dr. Wisner Coimbra de Paula

Orientador

LAVRAS-MG

2022

RESUMO

Pretendeu-se através deste trabalho elaborar uma estrutura economicamente mais viável ao projeto de uma edificação térrea em concreto armado e fundação por estacas. Para isso, projetou-se uma estrutura em alvenaria estrutural e fundação por radier usando o *software* CAD/TQS e compararam-se os custos através da metodologia de composição de custo adotada pela SINAPI (2022). Diante de um cenário inflacionário em que os preços de vergalhões e cimento *Portland* aumentaram no intervalo de um ano respectivamente 78,37% e 27,64 % (CBIC,2021), é importante conhecer diferentes alternativas de projeto para propor uma solução economicamente mais viável ao consumidor. Como resultados obtidos, a fundação em radier teve uma redução de 54,08% em relação ao custo da fundação por estaca. Já a superestrutura em alvenaria estrutural teve uma redução de 54,73% em relação a superestrutura em concreto armado. Para comparação, foram somente analisadas as estruturas, não sendo levantados os custos de revestimentos e projetos complementares. Os resultados obtidos devem ser vistos com cautela, pois a SINAPI (2022) considera os custos da mão de obra no regime CLT, sendo que existem outras modalidades para contratação de mão de obra.

Palavras-chave: Projeto Estrutural. Custo. CAD/TQS.

ABSTRACT

It was intended through this work to elaborate a more economically viable structure for the project of a single-story building in reinforced concrete and foundation by piles. For this, a structure in structural masonry and foundation by raft was designed using the CAD/TQS software and the costs are compared through the cost composition methodology adopted by SINAPI (2022). Faced with an inflationary scenario in which the prices of rebars and Portland cement have increased by 78.37% and 27.64%, respectively, within a year (CBIC, 2021), it is important to know different project alternatives to propose a more economically viable solution. to the consumer. As results obtained, the raft foundation had a reduction of 54.08% in relation to the cost of the foundation per pile. The superstructure in structural masonry had a reduction of 54.73% in relation to the superstructure in reinforced concrete. For comparison, only the structures were analyzed, not being raised the costs of coatings and complementary projects. The results obtained should be viewed with caution, as SINAPI (2022) considers the costs of labor in the CLT regime, and there are other modalities for hiring labor.

Keywords: Structural Design. Cost. CAD/TQS.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Elementos básico da estrutura em concreto armado.	14
Figura 2 – Edificação em alvenaria estrutural.	18
Figura 3 – Família de blocos 20 x 40 e 15 x 40 cm.	20
Figura 4 – Distribuição de cargas em fundação do tipo radier.	24
Figura 5 – Radier liso.	25
Figura 6 – Radier com pedestais.	25
Figura 7 – Radier Nervurado.	26
Figura 8 – Radier em caixão.	26
Figura 9 – Projeto arquitetônico.	32
Figura 10 – Corte AA.	33
Figura 11 – Corte BB.	33
Figura 12 – Editor de dimensões de janelas para medidas modulares.	36
Figura 13 – Disposição das lajes sobre alvenaria estrutural.	37
Figura 14 – Planta de forma da laje pré-moldada.	40
Figura 15 – Planta de forma da fundação em radier.	42
Figura 16 – Subestruturas das paredes estruturais.	45
Figura 17- Momentos fletores atuantes na laje pré-moldada.	46
Figura 18- Flechas total da laje pré-moldada.	47
Figura 19 – Isovalores dos momentos fletores atuantes no radier.	48
Gráfico 1- Custos por estrutura (concreto armado e alvenaria estrutural).	50
Gráfico 2 – Proporção dos custos do projeto proposto (alvenaria estrutural).	51
Gráfico 3 – Proporção dos custos do projeto de referência (alvenaria convencional).	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Tipos de Estacas.	27
Tabela 2- Preço Referência de Insumos.	30
Tabela 3 – Cadernos Das Composições De Serviço.....	31
Tabela 4 – Esquadrias de portas e janelas.	44
Tabela 5 – Status quanto ao dimensionamento a compressão, flexo-compressão e cisalhamento das Subestruturas da alvenaria estrutural.	46

SUMÁRIO

1	Introdução	10
1.1	Objetivo Geral	10
1.2	Objetivos Específicos	11
2	Referencial teórico	12
2.1	Concreto.....	12
2.1.1	Conceitos do concreto.....	13
2.1.2	Sistema Construtivo em Concreto Armado	13
2.1.3	Vantagens e desvantagens do concreto armado.....	16
2.2	Breve histórico da Alvenaria Estrutural	17
2.2.1	Alvenaria Estrutural.....	18
2.2.2	Componentes da alvenaria estrutural.....	19
2.2.3	Parâmetros para adoção do sistema	21
2.2.4	Vantagens e desvantagens da alvenaria estrutural.....	22
2.3	Fundações	23
2.3.1	Radier.....	23
2.3.2	Fundação por estacas	26
2.4	<i>Software</i> CAD/TQS	28
2.5	Custos através da tabela SINAPI.....	29
3	Material e métodos	32
3.1	Projeto de referência em alvenaria convencional e fundação em estaca	32
3.2	Dimensionamento do projeto em alvenaria estrutural e fundação em radier através do <i>software</i> CAD/TQS.	34
3.2.1	Alvenaria estrutural	35
3.2.2	Lajes.....	38
3.2.3	Radier.....	40
3.3	Composição de custo através da SINAPI	42
4	Resultados e discussões	44
4.1	Alvenaria Estrutural.....	44
4.1.1	Arquitetura	44
4.1.2	Dimensionamento	44
4.2	Lajes.....	46
4.3	Radier.....	48

4.4	Custos	49
5	Conclusão	52
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
	ANEXO A - Planta de forma da fundação e a armação do radier	58
	ANEXO B - Armações dos blocos de coroamento, estacas e vigas baldrame	60
	ANEXO C – Planta de forma das lajes, vigas e pilares	62
	APÊNDICE A – Projeto em alvenaria estrutural	64
	APÊNDICE B – Distribuição das armaduras da laje	67
	APÊNDICE C - Distribuição das armaduras do radier	68
	APÊNDICE D – Composição de custos do projeto proposto	69
	APÊNDICE E – Composição de custos do projeto de referência	70

1 INTRODUÇÃO

Desde março de 2020, o Brasil passa por uma transformação social e econômica devido à pandemia causada pela COVID-19. Além de ter causado milhares de óbitos, o país vivencia uma forte inflação provocada pelos desarranjos nas cadeias produtivas proveniente das paralisações como medida para conter a disseminação do vírus.

O Índice Nacional de Custos da Construção (INCC) – Materiais e Equipamentos, fornecido e calculado pela Fundação Getúlio Vargas (FGV), permite o acompanhamento da evolução dos preços de materiais e equipamento mais relevantes para a construção civil no país. De acordo com CBIC (2021), durante 12 meses, encerrados a partir de junho/21, o índice apresentou uma variação acumulada de 34,09%, maior alta registrada desde o início da divulgação em 1996. Os materiais como vergalhões e cimento *Portland* comum apresentaram, respectivamente, alta de 78,37% e 27,64 %.

Diante de um cenário inflacionário e das complexidades de cada projeto, o mercado exige que o profissional entenda as composições de custos e as alternativas de projetos que possam ser adotadas para que tenham um menor custo no bolso do consumidor.

Para Goldman (2004), os desafios brotam a cada novo projeto, impondo aos engenheiros, arquitetos e empreendedores uma permanente reciclagem e revisão da metodologia científica de tudo o que entende por engenharia e administração de recursos.

Sob esta ótica, buscou-se uma alternativa à concepção estrutural adotada para implementação de uma edificação térrea em concreto armado e fundação por estacas. Adotou-se alvenaria estrutural e fundação por radier para estabelecer, através da composição de custos adotadas pela SINAPI/RS do mês de fevereiro de 2022, a concepção estrutural que apresentasse o menor custo de implementação. Ademais, a caráter de conhecimento não vistos na graduação, utilizou-se da ferramenta computacional CAD/TQS para realizar o dimensionamento estrutural.

1.1 Objetivo Geral

Desenvolver um projeto estrutural que apresentasse uma melhoria econômica em relação ao adotado como referência, o qual é composto por estruturas em concreto armado e fundação por estacas.

1.2 Objetivos Específicos

- Dimensionar a superestrutura em alvenaria estrutural e infraestrutura em radier através do *software* CAD/TQS.
- Estabelecer o custo através das composições adotadas pela SINAPI/RS.
- Comparar os custos entre os projetos estruturais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Concreto

Encontrado em diversas obras da engenharia, o concreto é o material utilizado nos mais variados tipos de construção, como por exemplo, em rodovias, pontes e viadutos, edifícios, em usinas hidrelétricas e nucleares e em obras de saneamento. De acordo com Metha e Monteiro (2014), o concreto é o segundo material mais consumido no planeta, tendo um consumo inferior apenas ao da água. Estima-se que seu consumo seja em torno de 11 bilhões de toneladas por ano, o que dá, aproximadamente, um consumo médio de 1,9 tonelada de concreto por habitante.

O concreto surgiu com a utilização de materiais diferentes, porém com características similares às atuais. Entende-se que a evolução ocorreu desde a utilização da argila como material aglomerante pelos sírios e babilônios, da associação da cal e gesso pelos egípcios e a adição de cinzas vulcânicas a argamassa a base de calcário pelos romanos (SOUZA JÚNIOR, [200-]).

Ao decorrer do desenvolvimento dos processos tecnológicos para obtenção do material aglomerante, surge o cimento *Portland*, que combinado a materiais inertes e água, possui a capacidade de moldar-se quando fresco, já quando seco, obtém resistências características similares às rochas.

Através do processo de fabricação industrial do cimento *Portland*, o concreto ganha elevada utilização como material para construção da época. Porém, a baixa resistência à tração resultava em estruturas com elevada robustez.

Segundo Lisboa (2008), tem-se os primeiros registros do concreto armado através da adição de aço a peças de concreto pelo francês Louis Lambot, onde experimentou-se da combinação de arames com argamassa de cimento para construção de barcos. No entanto, é Joseph Hennebique que entende a associação de barras metálicas, como sistemas de armaduras associadas a peças de concreto para resistir aos esforços de flexão e cisalhamento de elementos estruturais na construção civil (FREITAS, 2019).

No Brasil, a difusão da tecnologia e do conhecimento racional sobre o concreto armado permitiu que o engenheiro Emílio Baumgart fosse reconhecido internacionalmente pela sua contribuição através de duas obras: o edifício do jornal A Noite, no Rio de Janeiro, que foi o primeiro edifício onde considerou-se as ações dos ventos, e a ponte sobre o Rio do Peixe, de

68m de extensão, construída utilizando-se a técnica de balanços sucessivos (DELATORRE, 2014).

2.1.1 Conceitos do concreto

Conforme a especificação da ABNT NBR 12655:2022 - Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento, o concreto é um material de construção resultante da mistura homogênea de proporções específicas de cimento, agregados miúdos, agregados graúdos e água, podendo ter adição ou não de aditivos em sua composição. Quando fresco, possui a capacidade de ser moldado conforme a estrutura desejada. Quando endurecido, possui a capacidade de resistir a esforços de compressão, tendo magnitude de resistência a depender da dosagem das composições da mistura.

Já o concreto armado é definido pela interação conjunta de dois materiais, concreto e armadura de aço, compondo um conjunto único, um sistema monolítico capaz de resistir a esforços de compressão e tração. Para Bastos (2019), as características de baixo custo, durabilidade, resistência à compressão, fogo e água do concreto, associada com a ductilidade e resistência à tração do aço, faz com que o concreto armado seja um material amplamente utilizado.

A norma brasileira que rege os critérios para o dimensionamento dos elementos estruturais em concreto armado é a ABNT NBR 6118:2014 - Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento. Encontra-se em sua terceira edição, versão 2014, e foi concebida em 1940, sendo historicamente conhecida como NB-1.

Segundo NBR 6118 (2014), os elementos em concreto devem ser projetados quanto a três requisitos mínimos, sendo eles: estado limite último (ELU), estado limite de serviço (ELS) e durabilidade. Estes critérios garantem a segurança da estrutura quanto a capacidade resistente à ruptura, a usabilidade em sua vida útil e a resistência as influências ambientais do local onde está inserida.

2.1.2 Sistema Construtivo em Concreto Armado

A alvenaria convencional, como é mais popularmente conhecida no Brasil, é o sistema construtivo mais utilizado no país. Conforme indicado por Santos (2008), alguns fatores como a criação do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA), a introdução e difusão de disciplinas específicas em concreto armado nos currículos dos cursos de arquitetura e

engenharia, a campanha generalizada acerca do uso do concreto, a renovação da legislação urbana e os interesses econômicos das cimenteiras, contribuíram significativamente para disseminação do concreto armado.

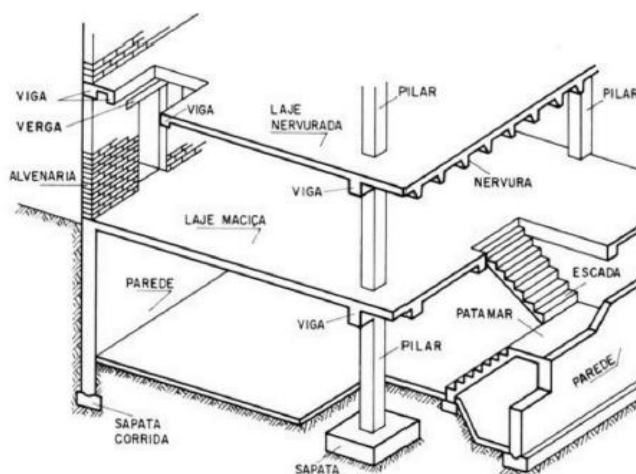
Outro fator, como aponta Telles (1994), foi a facilidade de transportar os materiais que compõem o sistema, como o cimento, areia, brita e vergalhões e até mesmo a compra do concreto já pronto, dosado em concreteiras. Além disso, por ser um método construtivo relativamente simples, a disseminação do uso no meio informal através da mão de obra desqualificada contribuiu ainda mais para a proliferação em todo meio popular.

O sistema em concreto armado é composto por um conjunto de elementos associados através de ligações rígidas ou articuladas de forma a dar capacidade portante a estrutura. Segundo a NBR 6118 (2014) e Pinheiro (2007), os principais elementos que compõe uma estrutura de concreto armado são:

- Pilares: elementos usualmente dispostos na vertical, que recebem ações das vigas ou lajes, sendo as forças normais de compressão preponderantes;
- Vigas: elementos usualmente lineares que delimitam e suportam lajes, paredes, outras vigas e que os esforços de flexão são preponderantes;
- Lajes: elementos planos em forma de placas que, além das cargas permanentes, recebem as ações de uso e as transmitem para os apoios, travam os pilares e distribuem as ações horizontais entre os elementos de contraventamento.

É representado na Figura 1 o sistema construtivo em concreto e seus elementos básicos.

Figura 1 – Elementos básico da estrutura em concreto armado.



Fonte: Macgregor (1997).

A execução de uma estrutura convencional em concreto armado, segundo Araújo (2004) e Barros (2006), é composta por três principais atividades, sendo elas: produção de formas, montagem das armaduras e concretagem dos elementos.

As formas exercem a função de modelar as peças conforme a geometria desejada, servem de apoio para montagem das armaduras, recebem e sustentam o concreto até atingir a resistência definida em projeto.

As formas geralmente são de madeira ou aço, porém, em obras de pequeno porte ou afastadas de grandes centros urbanos, as mais utilizadas são as de madeira. Conforme Chade (2009), as formas de madeira apresentam um custo elevado na etapa estrutural de uma obra, podendo equivaler até 30% do custo total da estrutura. Este valor se dá principalmente pelo desperdício, o baixo reaproveitamento e a necessidade de utilização de mão de obra qualificada para confecção e montagem.

De acordo com Comelli (2019), as armaduras devem ser dimensionadas por profissionais qualificados e ser apresentadas em projeto onde são informados as quantidades, posicionamentos, diâmetros e comprimentos das armaduras.

Algumas empresas oferecem a venda das armaduras já montadas conforme projeto, o que evita o desperdício e garantem agilidade nas etapas de montagem dos conjuntos. Entretanto, um cenário mais comum nos canteiros de obras é o recebimento dos vergalhões em barras de 12 m onde o profissional qualificado corta, dobra, monta e posiciona as peças nas formas para o recebimento do concreto.

Em pequenos volumes o concreto pode ser feito na obra, o que exige uma quantidade maior de funcionários e um controle maior da dosagem. Para volumes maiores, geralmente faz-se o pedido em usinas de concreto, onde o mesmo é dosado conforme exigências de projeto. Ao chegar na obra, os funcionários lançam, espalham, adensam e o nivelam para que o mesmo envolva toda a armadura e preencha todos os vazios delimitados pelas formas.

Para atingir a sua capacidade resistente, o concreto leva 28 dias. Neste período, vigas e lajes são apoiadas em estruturas de aço ou madeira que sustentam as peças. Neste período, algumas atividades são paralisadas, pois a delimitação de espaço ocasionada pelo escoramento dificulta a execução, assim, cabe ao responsável planejar de forma eficiente suas etapas para que não ocorra paralisação da obra.

2.1.3 Vantagens e desvantagens do concreto armado

A seguir, serão demonstradas as principais vantagens e desvantagens segundo Clímaco (2008) e Fernandes e Silva Filho (2010) ao adotar o sistema estrutural em concreto armado. As principais vantagens em relação a alvenaria estrutural são:

- Mão de obra: por ser o principal sistema construtivo no país, as técnicas construtivas já são bem conhecidas, assim, há uma maior disponibilidade de mão de obra qualificada;
- Maior rigidez: a formação de pórticos através da associação de vigas e pilares garantem uma boa rigidez à estrutura de contraventamento;
- Arquitetura: pode-se moldar as peças em diferentes geometrias, assim há várias possibilidades de personalizar a arquitetura com arcos, grandes vãos, balanços, marquises entre outras;
- Materiais: cimento, areia, brita e os vergalhões de aço são encontrados facilmente no mercado. Outro ponto a salientar, é a facilidade de transportes desses materiais;
- Rearranjo arquitetônico: pode-se alterar o *layout* arquitetônico visto que as paredes tem função apenas de vedação.

Em contrapartida, alguns dos principais pontos negativos em relação a alvenaria estrutural são:

- Perda de material e geração de entulho: com a possibilidade de quebra e rasgos, as instalações elétricas e hidráulicas são embutidas nas paredes, gerando assim entulhos e desperdício de materiais;
- O cronograma da construção está ligado diretamente com a cura do concreto, assim, necessita-se esperar até que o concreto atinja resistência esperada para que haja sequência das atividades;
- Custo com materiais provisórios: há um custo considerável com sistemas que não farão parte do corpo estrutural do sistema como as formas, por exemplo;
- Armazenamento: os materiais devem ser armazenados de forma correta, principalmente o cimento, caso molhado, o material será perdido;
- Equipes especializadas: para execução da estrutura em concreto armado são necessárias diferentes mão de obra, como pedreiro, carpinteiro, eletricista, encanador, armador e serventes elevando assim o custo operacional.

2.2 Breve histórico da Alvenaria Estrutural

Há milhares de anos uma forma primitiva da alvenaria estrutural vem sendo utilizada como o meio de construção por diversos povos. De forma empírica, utilizavam-se do encaixe e de materiais colantes para empilhar blocos de argila e pedras com objetivo de criar estruturas dos mais variados fins, a exemplo, têm-se as pirâmides no Egito, a muralha da China, os templos e aquedutos romanos (PASTRO, 2007).

Apesar da utilização da alvenaria estrutural como meio de construção amplamente difundido na época, foi apenas por volta do século XVII que a alvenaria foi tratada como uma tecnologia da construção civil. Entretanto, mesmo com os estudos e testes da resistência dos materiais efetuados em diversos países, ainda havia diversas limitações de projetos no século XX, pois os cálculos para este método construtivo eram feitos apenas de forma empírica (HENDRY, 2002).

Até a difusão dos sistemas construtivos em concreto armado e das estruturas em aço, os prédios executados em alvenaria estrutural eram caracterizados por suas paredes excessivamente espessas, tendo como marco o edifício Monadnock, em Chicago. O edifício possui 65 metros de altura, dividido em 16 pavimentos, onde os cálculos empíricos exigiam paredes com espessuras de até 1,80 metros na sua base (RAMALHO e CORRÊA, 2003).

Com a produção e o desenvolvimento do conhecimento tecnológico do aço e do concreto armado, o interesse por projetos em alvenaria estrutural diminuiu, havendo pouca abrangência durante um período de 50 anos.

Apesar disso, um novo anseio pela construção e desenvolvimento da tecnologia em alvenaria estrutural surge em meados de 1950, quando a segunda guerra mundial provoca uma escassez de materiais. Neste período, surge na Suíça, um edifício em alvenaria estrutural de 13 pavimentos, com paredes de espessuras internas de 15 cm e externas de 37,5 cm, tornando-se um marco para o desenvolvimento do sistema construtivo (ACCETI, 1998).

No Brasil, a alvenaria estrutural é utilizada desde o início do século XVII, porém, somente em meados da década de 70, passou a ser tratada como uma tecnologia de engenharia através do projeto estrutural fundamentado em princípios regularizados cientificamente. Surgem alguns edifícios habitacionais em São Paulo, entretanto, através do interesse das construtoras é que o sistema construtivo ganha impulso no início dos anos 90 (RAMALHO e CORRÊA, 2003).

2.2.1 Alvenaria Estrutural

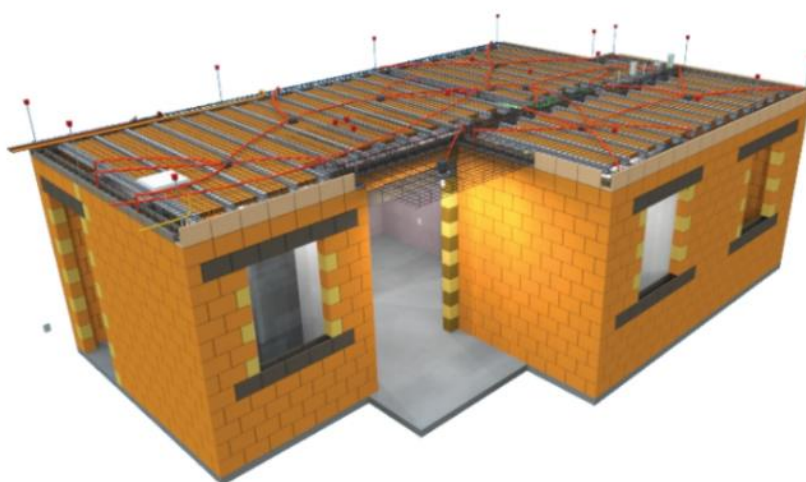
Para Dellatorre (2014), define-se alvenaria estrutural como um sistema construtivo formado pela ligação rígida e coesa entre unidades (bloco ou tijolo) e juntas de argamassa. Através da união destes elementos, são formadas paredes que possuem a capacidade de resistir majoritariamente a esforços de compressão.

A alvenaria estrutural é toda a estrutura em alvenaria, que possui um dimensionamento com processos racionais de cálculo com propósito de suportar cargas além do seu peso próprio. Esse sistema também admite uma quantia de esforços à tração, desde que não seja um valor significativo, caso a estrutura necessite maior resistência à tração, reforços com armadura e graute devem ser feitos (RAMALHO e CORRÊA, 2003).

As tensões atuantes na alvenaria estrutural podem ser de quatro tipos, segundo Penteadó (2003), são elas: compressão (principal esforço solicitante), cisalhamento, flexões no plano da alvenaria e fora do mesmo. Sendo assim, o sistema é dimensionado para resistir às ações atuantes, podendo-se dividir a alvenaria estrutural em alvenaria armada, onde os esforços de tração superam a resistência oferecida principalmente pela argamassa.

Quando os esforços solicitantes de tração são menores que o conjunto resistente pela argamassa e bloco, as armaduras são utilizadas apenas em elementos como vergas, contravergas, cintas de amarração e não em paredes, denomina-se o sistema em alvenaria não armada (COMELLI, 2019). É apresentado na Figura 2 uma edificação em alvenaria estrutural.

Figura 2 – Edificação em alvenaria estrutural.



Fonte: Mohamad (2018).

O desenvolvimento dos projetos em alvenaria estrutural deve seguir as prescrições orientadas pela ABNT NBR 16868-1:2020 – Alvenaria Estrutural, parte 1: Projeto. A norma estabelece os requisitos para projeto em alvenaria de blocos e tijolos cerâmicos e de blocos de concreto, diferentemente da versão anterior, onde havia uma norma específica para cada tipo de bloco.

Em conformidade com a NBR 16868-1 (2020) os projetos devem ser dimensionados de modo a assegurar os elementos quanto a ruptura e a estrutura não pode apresentar danos que comprometam em parte ou totalmente a sua utilização. Destaca-se ainda a importância da previsão do ambiente em que a estrutura estará, para que tenha capacidade de resistir as influências ambientais.

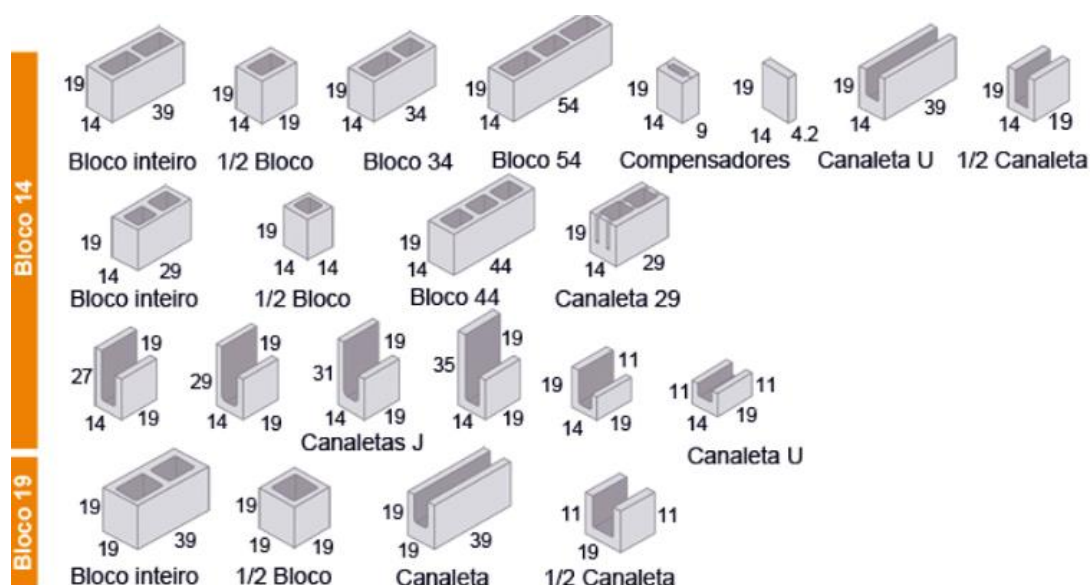
2.2.2 Componentes da alvenaria estrutural

Entende-se como componentes da alvenaria estrutural todos os elementos essenciais que compõem o conjunto para formar a estrutura. Segundo Ramalho e Corrêa (2003), os componentes da alvenaria estrutural são as unidades (blocos), argamassa, graute e armaduras.

As unidades são os componentes essenciais na alvenaria estrutural, sendo elas às responsáveis por conferir maior parte da resistência à compressão do conjunto. São diferenciadas quanto à composição, aplicação e forma. Em relação à composição, as unidades mais utilizadas são em concreto, posteriormente em cerâmica e sílico-calcáreas (RAMALHO e CORRÊA, 2003).

Quanto à aplicação, podem ser do tipo estrutural ou de vedação. Já em relação à forma, quando o índice de vazios não ultrapassar 25 % são denominadas maciças, caso contrário, vazadas. Segundo NBR 16868-1 (2020), quando tiverem altura maior ou igual a 11,5 cm são qualificadas como blocos, caso menor, tijolos. Possuem dimensões padronizadas e modulares, categorizadas por famílias. São demonstrados na Figura 3 os tipos de blocos de concreto usualmente comercializados.

Figura 3 – Família de blocos 20 x 40 e 15 x 40 cm.



Fonte: Mohamad (2018).

Para Lage (2021), a argamassa é o material responsável por unir as unidades entre si, formando um conjunto rígido e coeso. Possui a função de transmitir e uniformizar as tensões nas unidades, vedar as paredes, compensar as imperfeições e variações dimensionais dos blocos, absorver deformações naturais como a variação térmica, retração por secagem e pequenos recalques.

Quando fresca, deve ter boa trabalhabilidade, já endurecida, deve possuir resistência à compressão. Segundo NBR 16868-1 (2020), para evitar o risco de fissuras, a resistência à compressão da argamassa deve estar restrita a 1,5 vezes o valor da resistência à compressão do bloco.

Para ações que superam a capacidade resistente do conjunto, a adição de aço e graute garantem o aumento da capacidade portante. A função da armadura, segundo Oliveira (1992), é de garantir resistência à tração no conjunto, travar mecanicamente a estrutura e combater à retração. Quando necessário, a adição de armadura deve ser totalmente envolvida por graute para que haja a solidarização do conjunto armadura e bloco.

O graute é um tipo específico de concreto de alta plasticidade, é composto pela mistura de cimento, agregado miúdo, brita, água e cal. Tem por finalidade preencher os vazios dos blocos, solidarizar a armadura aos blocos e aumentar a capacidade resistente a compressão da parede (LAGE, 2021).

2.2.3 Parâmetros para adoção do sistema

Ao optar pela alvenaria estrutural, o projetista deve-se atentar a alguns parâmetros que o sistema exige:

- Altura da edificação: Segundo Lage (2021), não há restrições normativas quanto à altura de pavimentos para edificações em alvenaria estrutural. Entretanto, destaca-se que a partir de 25 pavimentos, a necessidade de pontos de graute e armaduras para combater principalmente as tensões ocasionadas pelo vento seria significativa, tornando o sistema inviável economicamente;

- Finalidade: Por ser um sistema que enrijece a arquitetura quanto a sua modificação posterior, ou dificulta-a, não é aconselhável para edifícios comerciais onde haverá alterações constantes em sua arquitetura (RAMALHO e CORRÊA, 2003). Outro ponto, em edificações onde será necessária a utilização de grandes vãos, como em pilotis, o sistema apresenta um custo elevado em relação a adoção do concreto armado (LAGE, 2021);

- Modulação: A modulação consiste no processo de racionalização a fim de garantir a disposição ideal dos blocos na arquitetura. Uma modulação adequada garante a amarração das paredes, evita a formação de juntas verticais e complementa toda a extensão da parede sem a necessidade da utilização de compensadores. Para isso, é necessário que a dimensão da família de blocos escolhida para compor o conjunto tenha dimensões múltiplas ao comprimento dos arranjos arquitetônicos. Outro ponto a salientar é adequação das dimensões das aberturas de portas e janelas (COMELLI, 2019);

- Disponibilidade: Grande parte da indústria que fabrica os blocos estruturais encontra-se em centros maiores, sendo assim, há uma indisponibilidade do material em pequenas cidades ou em regiões afastadas, tornando a obtenção do material muitas vezes economicamente inviável devido ao frete;

- Compatibilização de projetos: Ao assumir o sistema de alvenaria estrutural os projetos complementares devem ser adequados, visto que, diferentemente da alvenaria convencional, não é possível a quebra ou rasgos na parede. Segundo Rauber (2005), as instalações elétricas devem ser embutidas verticalmente dentro da alvenaria ou ser do tipo aparente. Contudo, a NBR 16868-1 (2020) proíbe qualquer passagem de água ou gás embutidas em paredes estruturais. Para isso, deve-se haver a previsão de *shaffts*, embutimento nas paredes não estruturais ou adoção de tubulação externa;

-Arquitetura: Além da arquitetura ter que possuir dimensões compatíveis para uma boa modulação, deve-se haver uma densidade de paredes estruturais para poder suportar os carregamentos. De acordo com Ramalho e Corrêa (2003), é indicado um valor de no mínimo 0,5 m de parede estrutural por m² de pavimento. Já Lage (2021), destacou a importância de ter paredes estruturais em diferentes sentidos, para que assim haja um melhor equilíbrio e capacidade resistente da estrutura. Outro ponto a destacar, é a limitação quanto a arquiteturas mais complexas.

2.2.4 Vantagens e desvantagens da alvenaria estrutural

A alvenaria estrutural vem ganhando destaque no cenário nacional, destacam-se os pontos positivos que contribuem para a disseminação deste método como alternativa a alvenaria convencional, mas salientam-se os pontos negativos a adoção do sistema. No texto abaixo citam-se alguns dos principais pontos levantados por Lisboa (2008), Ramalho e Corrêa (2003) e Figueró (2003). As vantagens são:

- Redução de Custo: por não utilizar formas de madeira e escoramentos, pela redução da utilização de aço e concreto, pode-se haver uma redução de até 30 % no custo da estrutura;
- Redução de revestimentos: espessura do revestimento é significativamente reduzida devido a qualidade dos blocos utilizados e ao maior controle de execução;
- Dupla funcionalidade: os blocos estruturais possuem função portante e de vedação;
- Redução do desperdício de materiais: a impossibilidade de rasgos ou quebra dos blocos estruturais diminuem o desperdício de materiais e conseqüentemente a geração de entulhos, tornando assim o ambiente de obra mais limpo;
- Velocidade de execução: nesse método, não é necessário esperar o tempo de cura de peças de concreto como vigas e pilares. O processo de racionalização provocados pela modulação dos blocos também conferem maior velocidade na execução. Estima-se que há uma redução de 50 % no tempo de execução em relação ao concreto armado;
- Redução do número de especialistas: Utiliza-se carpinteiros e armadores apenas para confecção das formas da laje.

Porém, ao adotar a alvenaria estrutural, deve-se entender que as desvantagens em relação ao concreto armado são:

- Mão de obra qualificada: as etapas, materiais, ferramentas e instrumentos são diferentes dos sistemas convencionais, assim, a mão de obra deve ser capacitada para evitar problemas na execução;

- Restrições arquitetônicas: devido as paredes serem a estrutura as modificações arquitetônicas ficam restritas posteriormente;

- Limitações construtivas: a alvenaria estrutural possui um grande obstáculo que é atingir grandes vãos livres.

2.3 Fundações

A fundação, ou subestrutura, é um elemento estrutural responsável por transmitir a uma camada resistente de solo todas as ações atuantes na superestrutura. Além dos elementos estruturais da fundação serem dimensionados de modo à resistir aos esforços solicitantes da superestrutura, também devem resistir às ações do terreno, da água superficial ou subterrânea, de variáveis especiais, como carregamentos de construção e tráfego de veículos, caso existam (BARBOSA, 2021).

Paralelamente, o solo deve ter rigidez suficiente de modo que a distribuição das ações não gere recalques diferenciais na estrutura ou até mesmo a ruptura solo (ALVA, 2007).

O dimensionamento deste elemento estrutural deve seguir as prescrições estabelecidas pela ABNT NBR 6122:2019 – Projetos e execução de fundações. Em função da profundidade de apoio, segundo NBR 6122 (2019), as fundações são classificadas em:

- Superficial: elemento de fundação cuja as tensões são transmitidas majoritariamente sob a base da fundação, e que a profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente é inferior a duas vezes a menor dimensão do elemento;

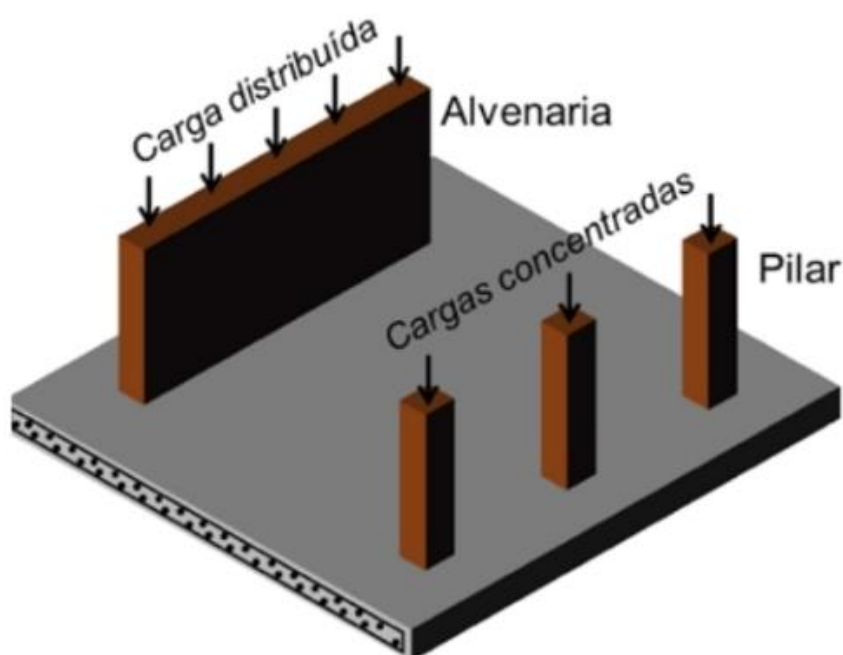
- Profunda: elemento de fundação cuja as tensões são transmitidas pela superfície lateral (resistência de fuste), sob a base (resistência de ponta) ou pela combinação de ambas, sendo a base apoiada a uma profundidade superior a oito vezes a menor dimensão em planta, tendo no mínimo 3 metros de profundidade.

2.3.1 Radier

Radier é um tipo de fundação superficial que recebe as cargas provenientes da superestrutura, seja ela através da alvenaria ou pilares, e distribui uniformemente através de uma laje de concreto apoiada sobre o solo (VELLOSO e LOPES, 2010).

Em consonância com as definições estabelecidas na NBR 6122 (2019), radier é um elemento de fundação rasa, com rigidez suficiente tanto para receber quanto para distribuir mais de 70% de toda a carga da estrutura através de uma placa. A Figura 4 ilustra o radier e os elementos que distribuem a carga da edificação.

Figura 4 – Distribuição de cargas em fundação do tipo radier.



Fonte: Barbosa (2021).

Dória (2007), destacou os mitos em relação a este tipo de sistema de fundação comparado ao sistema de vigas baldrame e estacas. Para ele, a disponibilidade de concreto usinado tornou a fundação em radier uma opção de construção mais ágil e economicamente mais viável.

Já Moura (2000) destacou a redução da mão de obra na execução, a possibilidade de trabalhar com solos de baixa capacidade de carga, a uniformização dos recalques diferenciais, a diminuição da movimentação de terra provenientes da escavação, a utilização de formas menos complexas conferindo agilidade ao processo de montagem, a redução no custo e o resultado final, excluindo etapas que seriam necessárias em outros tipos de fundação para fazer o piso da edificação.

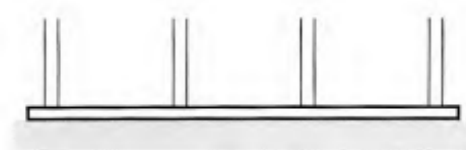
Não obstante, existem algumas desvantagens conforme aponta Carvalhais (2017), como a impossibilidade de execução em terrenos inclinados, inexistência de uma norma brasileira específica para projetos e execução de lajes sobre solos, execução prévia de instalações hidráulicas e sanitárias, onerosidade quando há necessidade de aumentar o volume de concreto devido as ações de grandes magnitudes, o sistema passa a ficar inviável economicamente.

2.3.1.1 Classificação

Quanto a geometria Dória (2007) classifica o radier em:

-Radier Liso: é o radier mais utilizado em obras de pequeno porte, como em casas populares, pois sua execução é simplificada e ágil. A Figura 5 apresenta o radier liso;

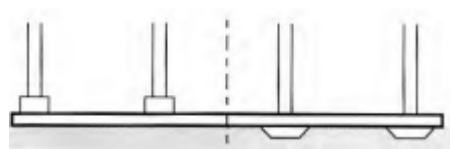
Figura 5 – Radier liso.



Fonte: Velloso e Lopes (2010).

- Radier com pedestais ou cogumelos: para melhorar a resistência a flexão e ao esforço cortante, aumenta-se a espessura sob os pilares. Os pedestais podem ser superiores ou inferiores, tendo como vantagem os inferiores serem executados ainda na escavação, deixando a superfície do piso plana. A Figura 6 apresenta o radier com pedestais;

Figura 6 – Radier com pedestais.

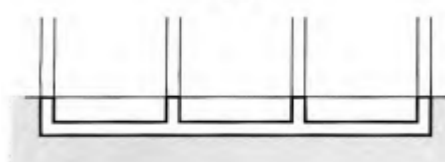


Fonte: Velloso e Lopes (2010).

- Radier nervurado: este tipo de radier utiliza nervuras principais e secundárias alocadas sob os pilares, podendo ser superiores ou inferiores. Para nervuras inferiores a

execução é feita sobre a escavação. Já para execução das nervuras superiores, é necessário adicionar agregados para deixar plana a superfície do piso. A Figura 7 apresenta o radier nervurado;

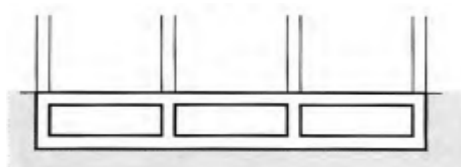
Figura 7 – Radier Nervurado.



Fonte: Velloso e Lopes (2010).

- Radier em caixão: este é o radier que possui maior rigidez, esse modelo caracteriza pela utilização de cintas de fundação, utilizando bordas nas partes externas e internas da laje. A Figura 8 apresenta o radier em caixão.

Figura 8 – Radier em caixão.



Fonte: Velloso e Lopes (2010).

2.3.2 Fundação por estacas

A NBR 6122 (2019) define as estacas como elementos estruturais de fundação que transmitem a carga ao terreno pela base, por sua superfície lateral ou pelo conjunto das duas, portanto, é considerada um elemento de fundação profunda.

A execução deste elemento estrutural é realizada por perfuração ou cravação sejam por máquinas ou ferramentas, dispensando a descida de operário a qualquer fase de execução. Podem ser constituídas de diversos materiais, como madeira, concreto moldado *in loco*, concreto pré-moldado, aço ou mista.

Além do tipo de material, podem ser classificadas quanto ao local de execução, sendo moldadas *in loco* ou pré-moldadas. Já em relação ao modo de execução, Velloso e Lopes (2010), as classificaram quanto ao efeito de deslocamento do solo proveniente a execução.

As estacas provenientes da escavação, são denominadas de substituição, pois há a remoção de solo e redução das tensões horizontais onde a estaca estará alocada. Já as estacas oriundas da cravação, são denominadas “de deslocamento”, pois a alocação da estaca provocará um deslocamento horizontal do solo. Há também, a denominação “sem deslocamento”, sendo esse processo executado pela baixa remoção de solo ou pelo controle parcial das tensões geostáticas. A Tabela 1 demonstra a classificação das estacas segundo Velloso e Lopes (2010).

Tabela 1- Tipos de Estacas.

TIPO DE EXECUÇÃO	ESTACAS
De deslocamento	Grande <ul style="list-style-type: none"> -Madeira; -Pré-moldados de concreto; -Tubos de aço de ponta fechada -Tipo Franki; -Microestacas injetadas.
	Pequeno <ul style="list-style-type: none"> -Perfis de aço; -Tubos de alo de ponta aberta (desde que não haja embuchamento na cravação); -Estacas hélice especiais ("estacas hélice de deslocamento").
Sem deslocamento	<ul style="list-style-type: none"> -Escavadas com revestimento metálico perdido que avança à frente da escavação; -Estaca raiz.
De substituição	<ul style="list-style-type: none"> -Escavadas sem revestimento ou com uso de lama; -Tipo Strauss; -Estaca hélice continua em geral;

Fonte: Velloso e Lopes (2010).

Campos (2015), ressaltou a possibilidade de utilização deste tipo de fundação tanto em solos coesivos quanto em solos granulares. A cravação de estacas em solos granulares,

possibilita uma maior capacidade de suporte e uma diminuição de recalques, pois ao introduzir as estacas, há uma redução no índice de vazios deixando o solo mais denso e compactado.

Entretanto, em solos já compactados, a inserção provocará um deslocamento do maciço, acarretando em problemas às estruturas já executadas. Assim para solos mais coesivos e até mesmo rochas, onde a cravação é impossibilitada, utiliza-se estaca escavada (VELLOSO e LOPES, 2010).

2.4 *Software CAD/TQS*

A utilização de recursos computacionais para elaborar projetos estruturais, como o *software* CAD/TQS, garantem maior agilidade e segurança aos dimensionamentos estruturais. Para Kimura (2018), a possibilidade de fazer várias simulações ao desenvolver um projeto garante uma maior sofisticação das análises, uma maior otimização do tempo e da estrutura. Todavia, a responsabilidade sempre estará a cargo do engenheiro, sendo a ferramenta apenas o instrumento para auxiliar o desenvolvimento do projeto.

O CAD/TQS é um *software* computacional que possibilita a concepção, análise de esforços, dimensionamento, detalhamento e emissão de plantas, considerando-se assim um sistema integrado e completo. Através desta ferramenta é possível dimensionar de acordo com as normas vigentes de estruturas em concreto armado, concreto protendido, alvenaria estrutural, estruturas pré-moldadas e estruturas mistas (KRISTINER, 2019).

Para elaborar um projeto através da ferramenta computacional é necessário inicialmente criar um modelo de edifício, nesta etapa será informado o tipo de estrutura, as características dos pavimentos, cargas e diferentes critérios dentre as opções do *software* (SILVA, 2015).

O lançamento da estrutura se dá de forma gráfica, através da aba de modelador estrutural. Nesta aba, é possível adicionar as dimensões, seções, definir o posicionamento dos elementos, lançar as cargas acidentais e permanentes distribuídas de forma pontual, linear ou por área. Além disso, o modelador estrutural é composto por uma série de recursos, como filtros e visualizadores 3D, para tornar a interação *software*/usuário mais eficaz.

O programa recebe estas informações e gera um sistema composto por grelhas e pórticos espaciais, onde é possível fazer a análise dos esforços atuantes através de diferentes interfaces gráficas (SCHELEIDER e SILVA, 2017).

Concluídas as análises, o programa dimensiona os elementos e detalha-as para a distribuição nas pranchas, porém, muitas vezes faz-se necessário editar a distribuição das armaduras, pois constantemente o programa gera armaduras excessivas e de difícil execução.

2.5 Custos através da tabela SINAPI

Para analisar os custos que compreendem diferentes métodos construtivos, a análise abrange não só os insumos, mas sim todo o cenário necessário para entrega do objetivo final. Dentro do que compete a preço dos insumos, execução, ferramentas, encargos, produtividade e equipamentos individuais de proteção para os trabalhadores, a composição de custos fornecidos pelo Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices (SINAPI) é a principal fonte de referência do país.

Os preços disponibilizados pela SINAPI são atualizados mensalmente pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), através da coleta dos preços em todas capitais da federação. Para cada estado há uma tabela com as composições de custos referentes àquela região, quando não é possível a coleta em determinado estado, é atribuído o valor coletado de São Paulo. Como há muitos insumos, estes são representados por meio de famílias, sendo que, o insumo que possui maior recorrência no mercado é considerado representativo e o restante da família como representados.

O preço do insumo representativo é coletado, já dos representados, são atribuídos através de coeficientes de representatividade que evidenciam suas correlações. Esses coeficientes foram atribuídos através de coletas extensivas dos preços realizadas pelo IBGE (CAIXA, 2020).

São oferecidas gratuitamente através do site da Caixa Econômica Federal as competências referenciais da SINAPI, sendo elas, os custos, documentação técnica, demonstrações de uso, canais de atendimento e suporte para o usuário. No site, é possível fazer o download das 3 tabelas de referência para análise dos custos. As tabelas de referência são, SINAPI Preço Referência de Insumos, SINAPI Custo Referência de Composição Sintética, SINAPI Custo Referência de Composição Analítica.

As tabelas são complementares entre si, onde as informações são divididas para facilitar a busca pelo usuário. A tabela SINAPI Preço Referência de Insumos apresenta todos os insumos individualizados através de códigos de identificação, descrição do insumo,

unidade, preço mediano estabelecido e a origem do preço. A Tabela 2 apresenta de forma resumida os insumos encontrados na SINAPI Preço Referência de Insumos.

Tabela 2- Preço Referência de Insumos.

CÓDIGO	DESCRIÇÃO DO INSUMO	UNIDADE	ORIGEM DO PREÇO	PREÇO MEDIANO R\$
32	AÇO CA-50, 6,3 MM, VERGALHAO	kg	CR	9,84
33	AÇO CA-50, 8 MM, VERGALHAO	kg	CR	9,9

Fonte: SINAPI Preço Referência de Insumos (2022), adaptado.

As tabelas Custo referência de composição sintética e analítica se diferenciam no nível de informações demonstradas. Enquanto a composição sintética traz a atividade e o custo de forma sucinta e direta, a composição analítica demonstra todas as composições e insumos, os respectivos pesos e preços de cada consideração feita para determinar o custo total da atividade.

No vigor em que se apresenta este trabalho, a SINAPI oferece 7200 composições de custos e preços de mais de 5200 insumos. Apesar de uma grande variabilidade, as composições consideradas são gerais e são as mais comuns encontradas no desenvolver de uma obra.

Para facilitar as buscas dos usuários pelas composições e insumos fornecidos pelas tabelas da SINAPI, são disponibilizados cadernos técnicos individualizados por temas das atividades. Estes cadernos possibilitam o usuário conhecer o código de busca nas tabelas e os critérios aferidos para a composição. A Tabela 3 apresenta a subdivisão dos assuntos encontrados em fundações.

Tabela 3 – Cadernos Das Composições De Serviço

ETAPA DA OBRA	SUB ETAPAS DE OBRA	CADERNOS TÉCNICOS
Fundações	Fundações profundas	Armação de Estacas Arrasamento de Estacas Estacas em Hélice Contínua Estacas Escavadas Sem Flúido Estacas Pré-Moldadas Estaca Raiz Estacas: Broca, Strauss e Escavada com Flúido Estacas Metálicas Tubulões
	Fundações rasas	Radier, Piso e Laje de Concreto Sobre Solo Fundações Rasas (Blocos, Sapatas, Vigas Baldrame)

Fonte: Sumário de publicações e documento do SINAPI (2022), adaptado.

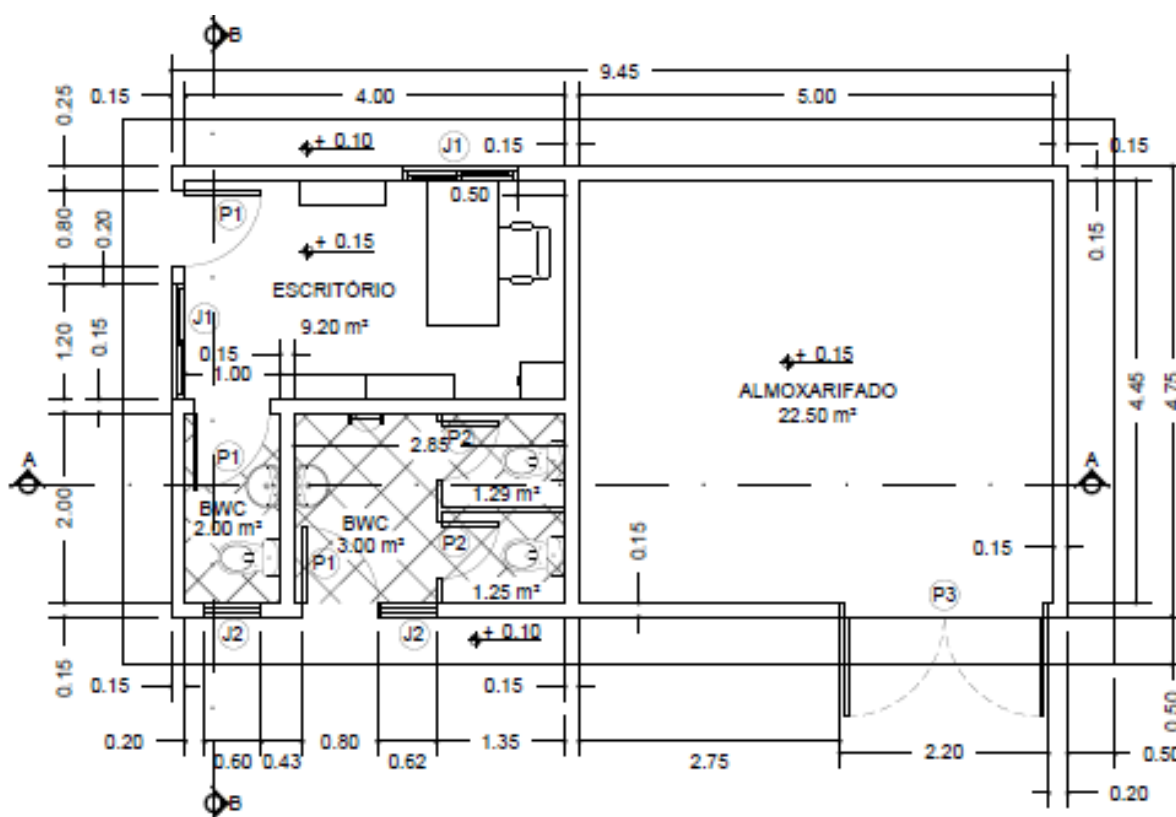
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Projeto de referência em alvenaria convencional e fundação em estaca

O projeto trata-se de uma edificação térrea de 44,89 m² de área construída e um calçamento de 50 cm em seu entorno. Possui quatro cômodos, sendo uma sala de escritório, um banheiro com acesso interno, um banheiro com acesso externo e área para almoxarifado. Está localizada na cidade de Quaraí, Rio Grande do Sul.

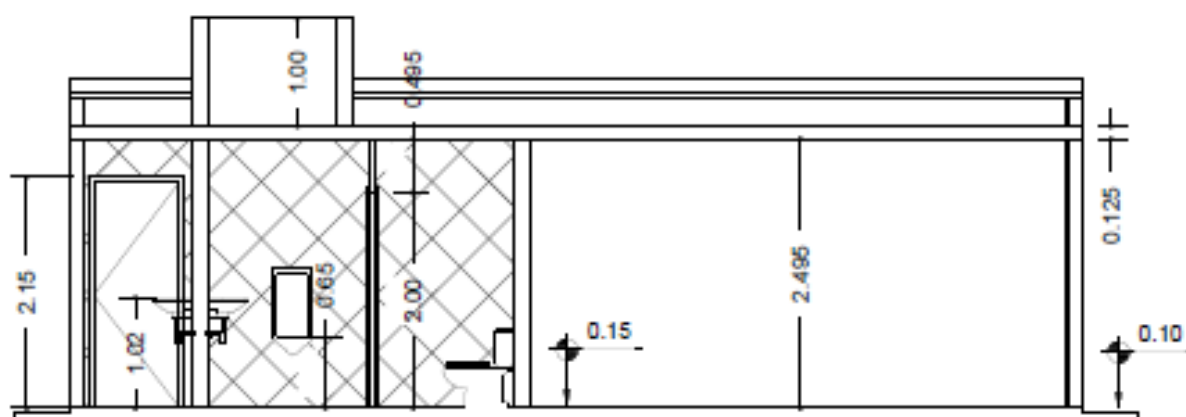
Tem por finalidade abrigar as unidades controladoras, os materiais, equipamentos para manutenção e dar assistência aos trabalhadores de uma usina fotovoltaica. Nas Figuras 9-11 estão apresentados o projeto arquitetônico e os cortes AA e BB, respectivamente.

Figura 9 – Projeto arquitetônico.



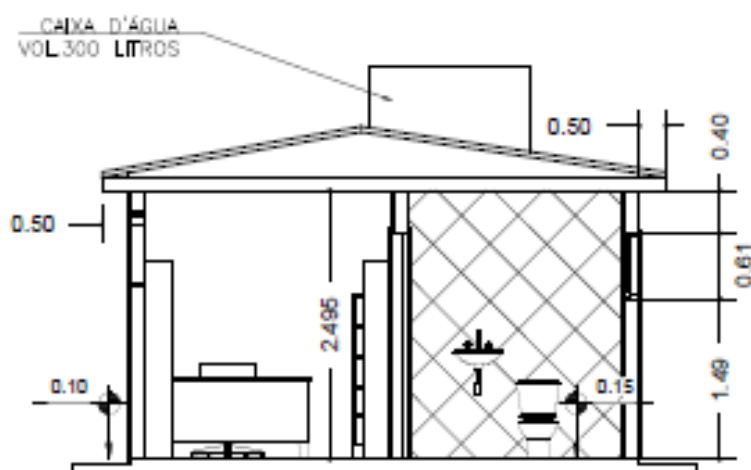
Fonte: SolarGrid (2022).

Figura 10 – Corte AA.



Fonte: SolarGrid (2022).

Figura 11 – Corte BB.



Fonte: SolarGrid (2022).

A superestrutura é do tipo convencional, constituída por vigas, pilares e lajes pré-moldadas com vigotas treliçadas do tipo “H8”, capa de concreto de 4,5 cm de espessura e enchimento em EPS. A fundação é constituída por estacas escavadas de 40 cm de diâmetro e profundidade de 2,5 m, possui blocos de coroamento de 70 X 70 cm de seção longitudinal, vigas baldrames de 30 X 15 cm de seção transversal e radier de 12,5 cm de espessura. No

ANEXO A, encontram-se a planta de forma da fundação e a armação do radier. Apresentam-se no ANEXO B as armações dos blocos de coroamento, estaca e vigas baldrame. Já o ANEXO C apresenta a forma da laje, vigas e pilares, juntamente com suas respectivas armações.

3.2 Dimensionamento do projeto em alvenaria estrutural e fundação em radier através do *software* CAD/TQS.

O dimensionamento foi realizado através da ferramenta computacional CAD/TQS versão 22.12.15 - Estudante. Para isso, iniciou-se com a criação de um edifício, nesta etapa definiu-se o tipo de estrutura que será dimensionada, podendo ser do tipo concreto armado/protendido ou alvenaria estrutural. Salienta-se que só são disponibilizados estes dois tipos estruturais para esta versão.

Conforme o tipo de estrutura escolhida, definiu-se a norma que regerá os critérios de dimensionamento. Nesta etapa, definem-se ainda a quantidade de pavimentos, altura, classe de agressividade ambiental, resistências características dos materiais, cobrimentos, cargas de vento e família de blocos estruturais.

O *software* foi concebido inicialmente para dimensionamento de estrutura em concreto armado, assim, para projetos criados em alvenaria estrutural é necessário mudar para aba TQS/Alvest, onde estão organizadas todas as ferramentas necessárias para a modelagem em alvenaria estrutural.

Com o edifício criado, a modelagem estrutural foi realizada na aba do respectivo tipo de estrutura. Para alvenaria estrutural, foi necessário definir a modulação dos blocos da primeira fiada, as aberturas de portas e janelas, as paredes estruturais e os carregamentos verticais. Já para o concreto armado, foi necessário modelar os elementos estruturais, como lajes, vigas, pilares e elementos de fundação, suas seções transversais, tipo de ligação, material e cargas atuantes. Vale ressaltar, que o *software* já considera o peso próprio dos elementos criados.

Com a definição da geometria e dos critérios de cálculo o modelo está pronto para processamento, nesta etapa o programa fez uma série de interações para dimensionar a estrutura desejada. O *software* discretizou os elementos em grelha onde foi possível visualizar as flechas e analisar o conjunto quanto ao estado limite último e aos estados limites de serviço.

3.2.1 Alvenaria estrutural

Para elaboração do projeto criou-se um modelo de edifício em alvenaria estrutural, adotou-se a NBR 16868-1 (2020) como referência para o dimensionamento. Definiu-se um pé direito de 2,76 m, resistência característica à compressão do concreto de 25 MPa, classe de agressividade ambiental 2, cobrimento mínimo das armaduras de 2,5 cm para vergas, contravergas e cinta de amarração, edificação térrea e família de blocos de concreto com modulação 40 x 15 cm.

3.2.1.1 Modulação

Ao projetar-se em alvenaria estrutural é imprescindível que se conheça a disponibilidade da família de blocos na região. Assim, na cidade de Quaraí, a família de blocos disponível é a 40 x 15 cm, sendo esta, a adotada para a modulação do projeto.

Inicialmente, não houve alteração do projeto arquitetônico, porém, para atender às dimensões impostas pela arquitetura e a modulação entre primeira e segunda fiada foi necessária a utilização de elevada quantidade de blocos compensadores. Pela indisponibilidade de blocos compensadores na região e a flexibilidade para pequenas alterações arquitetônicas, decidiu-se pela ampliação de algumas áreas, garantindo assim a modulação da alvenaria e evitando soluções fora de projeto.

A modulação da primeira fiada foi realizada manualmente, ficando a critério do projetista o posicionamento dos blocos. Há a possibilidade de modular a segunda fiada manualmente, porém, o TQS/Alvest possui uma ferramenta que a modula automaticamente, esta ferramenta é denominada cerca de paredes. Além de definir a segunda fiada, foi através desta que definiram-se as paredes estruturais e as não estruturais.

Pelos blocos apresentarem medidas padronizadas, as aberturas de portas e janelas foram adequadas às dimensões da modulação, sendo estas dimensões ajustadas a múltiplos de 20 cm. O *software* possui uma biblioteca de portas e janelas padrões para serem adicionadas, contudo, foram realizadas modificações para atender as dimensões propostas pela arquitetura. Na aba de edição de portas e janelas, ajustaram-se as dimensões das aberturas estabelecidas pela arquitetura inicial conforme a modulação proposta. A Figura 12 demonstra o editor de dimensões das janelas.

Figura 12 – Editor de dimensões de janelas para medidas modulares.

Dados de janelas

Nome identificador da janela: j120

Descrição: janela 120x140 cm

Medidas MODULADAS ?

Comprimento em planta (DimX)	119	cm
Largura em planta (DimY)	25	cm
Altura em elevação (DimZ)	141	cm
Cota inicial	80	cm
Comprimento da verga em planta	159	cm
Altura da verga em elevação	19	cm
Comprimento da contra-verga em planta	159	cm
Altura da contra-verga em elevação	19	cm

Verga / contra-verga em elevação: De Alvenaria Outro Material

Exemplo: Janela 120 x 120 cm

DimX = 119 cm
 DimY = 25 cm (recomendável > t_parede)
 DimZ = 121 cm
 Cota inicial = 120 cm
 Compr. Verga = 159 cm (119 + 40)
 Alt. Verga = 19 cm

Fonte: Do autor (2022).

Com a definição das paredes estruturais e as aberturas de portas e janelas, foi possível atribuir o conjunto de subestruturas automaticamente através da opção “Cercas AUTOMÁTICAS”. Sem essa atribuição, o *software* não consideraria o conjunto de paredes para cálculo das capacidades resistente, impossibilitando assim o processamento da estrutura.

3.2.1.2 Carregamentos

Na aba do TQS/Alvest, não foi possível fazer o dimensionamento e detalhamento de lajes pré-moldada, pois a modalidade de dimensionamento de estruturas de concreto é feita na aba TQS/Concreto. Para se efetuarem os carregamentos provenientes da laje, fez-se necessário modelar uma laje maciça que representasse a configuração real dos carregamentos provenientes da laje treliçada. A laje treliçada utilizada foi a LT16 com preenchimento em EPS, onde a vigota apresenta 12 cm de altura e possui uma capa de 4 cm de concreto.

O dimensionamento e as considerações dos carregamentos serão demonstrados na seção 3.2.2. Para modelar o carregamento da laje maciça como treliçada atribuiu-se laje bi-apoiada em uma direção. O peso próprio da laje pré-moldada unidirecional LT16 com preenchimento em EPS, segundo catálogo do fabricante Salema (2022) é de 176 kgf/m². O

software atribui o peso próprio automaticamente, assim, encontrou-se a altura da laje maciça equivalente que representasse o peso próprio da laje treliçada. Desta maneira, calculou-se, através da Equação 1, uma altura de 7,04 cm para laje maciça.

$$Hl = \frac{PPlt}{\gamma_{conc}} \quad (1)$$

Sendo,

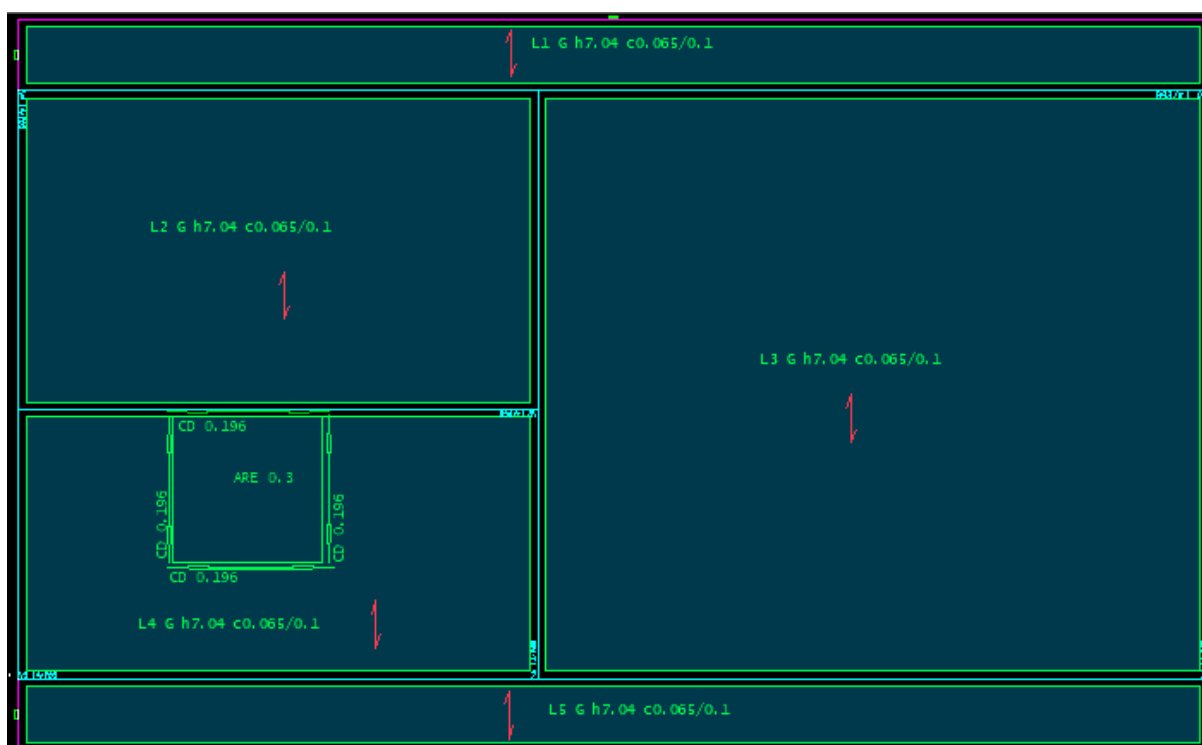
$PPlt$ = peso próprio da laje treliçada LT16, em kgf/m²;

Hl = altura da laje maciça, em m;

γ_{conc} = peso específico do concreto, kgf/m³.

Os carregamentos provenientes das sobrecargas acidentais e peso próprio foram atribuídos igualmente, estes serão demonstrados na seção 3.2.2.3. Na Figura 13, tem-se a disposição das lajes de acordo com o projeto arquitetônico.

Figura 13 – Disposição das lajes sobre alvenaria estrutural.



Fonte: Do autor (2022).

3.2.1.3 Processamento das paredes estruturais

Os critérios de cálculo adotados pelo *software* são aqueles preconizados pela NBR 16868-1 (2020). Para processar o modelo foi necessário definir a resistência característica inicial do prisma de referência, assim, adotou-se o valor 320 tf/m² que é referente a um bloco de concreto de 4 MPa.

Adotou-se, como critério de projeto, a utilização de junta padrão de argamassa e armadura de 10 mm de diâmetro para dimensionamento das vergas e cinta de respaldo.

Ao processar o modelo estabelecido, o *software* retornou um relatório com informações gerais sobre o status do dimensionamento das subestruturas e das vergas.

3.2.2 Lajes

Em relação ao dimensionamento das lajes foi necessário criar um novo modelo de edifício, para isso, adotou-se a estrutura do tipo Concreto Armado/ Protendido tendo como referência para o dimensionamento a NBR 6118 (2014). Definiu-se um pé direito de 2,76 m, resistência característica à compressão do concreto de 25 MPa, classe de agressividade ambiental 2, cobrimento mínimo das armaduras de 2,5 cm e discretização das lajes pelo método das grelhas.

3.2.2.1 Apoios

Para o lançamento das lajes, não foi possível utilizar as paredes da alvenaria estrutural como apoios para receber os carregamentos, pois estes elementos encontram-se disponíveis apenas na modalidade TQS/alvest. Desta maneira, foi necessário simular apoios provenientes de pilares e vigas. Para não distorcer a configuração dos carregamentos que a laje causaria nas paredes, adotaram-se vigas com elevada rigidez.

3.2.2.2 Laje pré-moldada

Para definir a altura da vigota treliçada, utilizou-se da Equação 2, onde o vão de 4,70 m foi o comprimento crítico entre as lajes definidas. Assim, obteve-se uma laje treliçada com altura total de 16 cm, sendo 12 cm de altura da treliça e 4 cm da espessura da capa de concreto. O enchimento utilizado foi de EPS e as lajes definidas como unidirecionais.

$$Ht = \frac{lx}{30} \quad (2)$$

Sendo,

Ht = altura da laje treliçada, em cm;

lx = comprimento do vão, em cm.

3.2.2.3 Carregamentos

Considerou-se a distribuição sobre as lajes dos seguintes carregamentos prescritos pela ABNT NBR 6120:2019 – Ações para cálculo de estruturas de edificações:

- Telhados com telhas de fibrocimento onduladas (com espessura até 5 mm) e estrutura de madeira: 0,4 kN/m²;
- Forro de gesso acartonado, incluindo estrutura de suporte: 0,25 kN/m²;
- Cargas para manutenção em cobertura: 1 kN/m²;
- Peso específico bloco estrutural de concreto: 14 kN/m³.

A edificação possui caixa d'água de 300 litros envolvida por paredes de blocos de concreto. Adotou-se uma sobrecarga na laje de 3 kN/m² distribuída na região onde se encontra a caixa d'água. Para a carga linear da parede, distribuiu-se 1,96 kN/m, conforme Equação 3.

$$Ppar_{linear} = Pbloco * hp * t \quad (3)$$

Sendo,

$Ppar_{linear}$ = carga de parede linear, em kN/m;

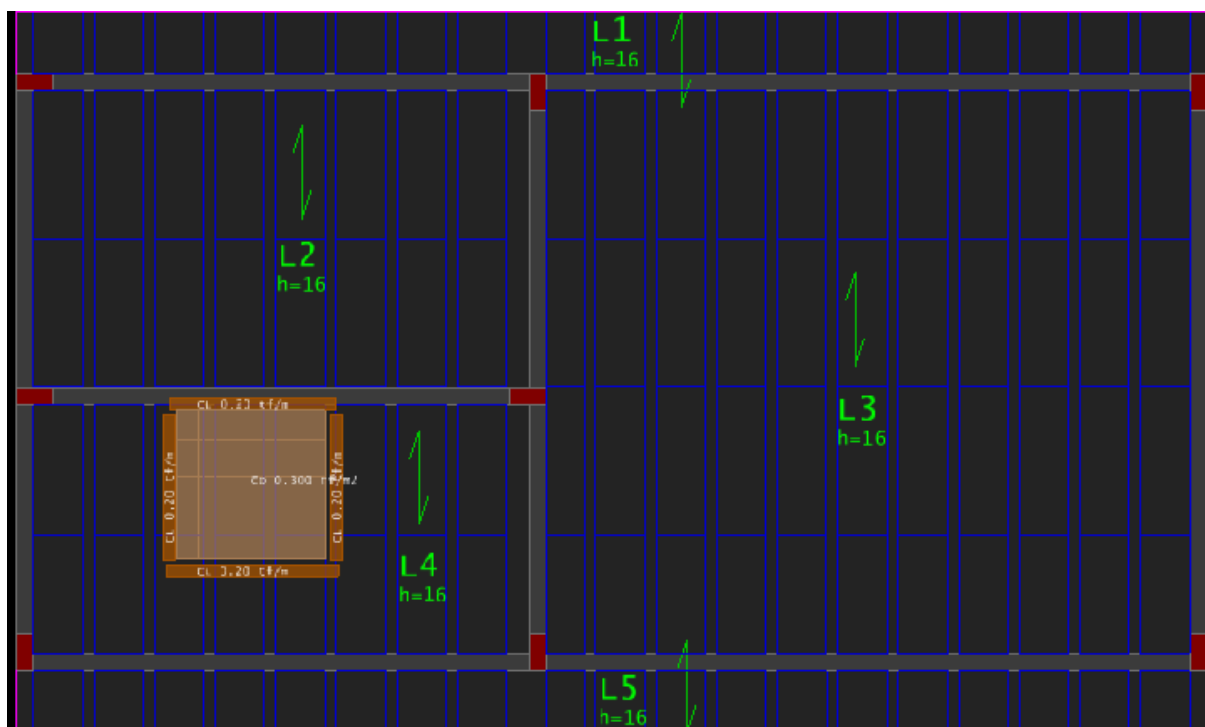
$Pbloco$ = peso específico do bloco estrutural de concreto, em kN/m³;

hp = altura da parede, em m;

t = espessura do bloco, em m;

O peso próprio da laje foi inserido de forma automática. Para inserção das cargas provenientes das paredes que envolve a caixa d'água, foi necessário modificar a unidades dos carregamentos para tn/m. A Figura 15 apresenta a disposição da forma da laje pré-moldada.

Figura 14 – Planta de forma da laje pré-moldada.



Fonte: Do autor (2022).

3.2.2.4 Processamento da laje pré-moldada

Ao processar o modelo o *software* forneceu o dimensionamento quanto ao estado de limite último e as regiões onde haviam necessidade de reforços. As faixas de armaduras geradas automaticamente foram editadas a fim de simplificar a visualização e entendimento do projeto pelo usuário. Quanto ao estado limite de serviço, foram verificadas as flechas e as aberturas de fissuras através da análise de grelha não linear.

3.2.3 Radier

Para realizar o dimensionamento do radier, criou-se um novo edifício considerando apenas a modalidade fundação. Com esse propósito, definiu-se o modelo em estrutura de concreto armado/protendido e como critérios normativos para dimensionamento a NBR 6118 (2014). Definiu-se pavimento fundação, nível 0 m, resistência característica a compressão do concreto de 25 MPa e cobrimento das armaduras de 3 cm.

O índice N_{spt} , utilizado para conferir a resistência do solo, foi o mesmo adotado para o dimensionamento da fundação em estaca escavada. Pelos resultados obtidos do ensaio, constatou-se, no primeiro metro do ensaio, um índice N_{spt} de 25 golpes, sendo composto por um solo com características de argila siltosa preta e rocha alterada.

Para realizar o dimensionamento, modelou-se o radier como grelha de espaçamento de 35x35 cm, e o solo como meio elástico constituído por um conjunto de molas. Posteriormente, calculou-se o valor da constante elástica através da Equação 4 proposta por Cernica (1995).

$$Kv = 1,8 * N_{spt} \quad (4)$$

Sendo,

Kv = coeficiente de reação vertical, em kN/m³;

N_{spt} = índice de resistência à penetração do solo, em kN/m².

Para a área de influência de cada nó da grelha, corrigiu-se o módulo de reação vertical através da Equação 5.

$$Kvc = Kv * Ainf \quad (5)$$

Sendo,

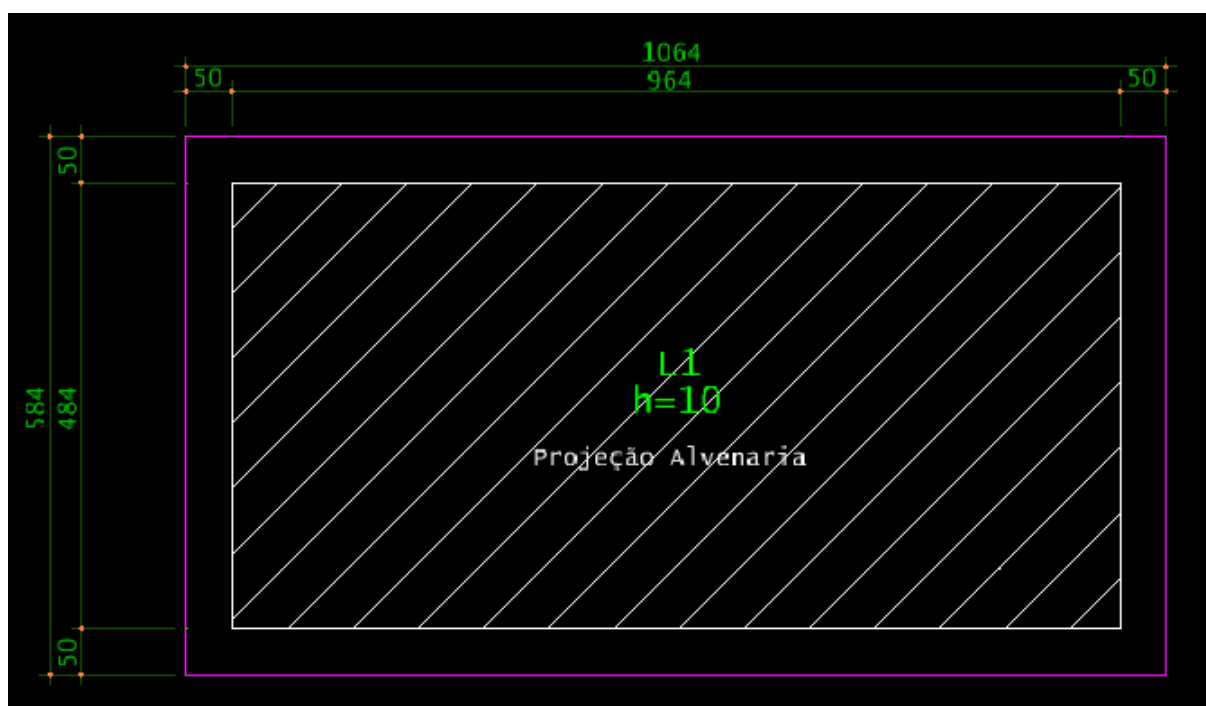
Kvc = módulo de reação vertical da área carregada, em kN/m;

$Ainf$ = área de influência da grelha, em m².

3.2.3.1 Forma do radier

O projeto de referência possui calçamento de 50 cm em torno da edificação, assim, considerou-se este acréscimo para a forma do radier. Adotou-se 10 cm de espessura para o radier, pois segundo (SCHIMIDTKE, COSTA, *et al.*, 2017) o radier deve possuir, no mínimo, 10 cm de altura para evitar a infiltração de água na construção ou umidade do solo. A Figura 15 apresenta as dimensões da forma.

Figura 15 – Planta de forma da fundação em radier.



Fonte: Do autor (2022).

3.2.3.2 Carregamentos no radier

Na aba TQS/ Alvest há a opção de transferência de carregamentos provenientes dos esforços causados pela alvenaria dimensionada. Com a exportação desses carregamentos, foi possível inferir os carregamentos de toda superestrutura na fundação radier. Conforme preconizado pela NBR 6120 (2019), adotou-se carga permanente de 1,4 kN/m² para revestimentos de pisos e sobrecargas de utilização de 2,5 kN/m² para as regiões do banheiro e escritório. Já a região do almoxarifado, adotou-se uma sobrecarga de 7 kN/m².

3.3 Composição de custo através da SINAPI

A fim de se estimar o custo das estruturas e compará-los, fez-se o *download* através do *site* da Caixa Econômica Federal das 3 tabelas de referência para estado do Rio Grande do Sul, no mês de fevereiro de 2022.

Para elaborar os custos das estruturas, foram levantadas as dimensões de cada elemento estrutural a ser feito, o volume de concreto e o peso de aço utilizado. Através de

uma pesquisa extensiva nos cadernos técnicos, foi possível encontrar os códigos de referência das composições de custo para cada etapa da obra.

Diante dos códigos, coube procurar através da tabela sintética o valor atribuído à composição. Para compreender as composições atribuídas à atividade e modificar algum insumo caso fosse necessário, analisou-se a tabela de composições analíticas.

As composições modificadas serão apresentadas através da nomenclatura MOD e o respectivo código da composição. A alteração na composição deu-se apenas no insumo utilizado, pois em algumas composições o insumo considerado era diferente do adotado em projeto. Sendo assim, alteraram-se as bitolas de aço ou a classe de resistência do concreto utilizado.

De posse do custo unitário disponibilizado pela composição que compreendesse cada etapa da obra, multiplicou-se o valor para as unidades encontradas em projeto. Para execução do projeto de fundações em estaca escavada, utilizou-se perfuratriz pneumática, sendo a estimativa de custo desta atividade não levantada pela SINAPI (2022). Assim, adotou-se o custo real para execução desta atividade.

A alvenaria estrutural, além de dar suporte à estrutura também faz o papel de vedação. Para representar uma comparação fidedigna ao resultado final entregue, considerou-se o levantamento do custo da alvenaria de vedação utilizado na edificação de viga/pilar, sendo considerada o bloco cerâmico 11,5x19x19 cm.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Alvenaria Estrutural

4.1.1 Arquitetura

Ao adotar o critério para diminuir a utilização de compensadores obteve-se uma área construída de 46,66 m², sendo que, esta área compreende a um aumento de 3,9 % em relação a área da estrutura convencional. A modulação da primeira e segunda fiada e as elevações das paredes estão apresentadas no APÊNDICE A.

Além da adequação da arquitetura, as portas e janelas sofreram modificações a fim de apresentarem dimensões compatíveis com a família de blocos 40/15 cm. De modo geral, apresentaram modificações de 10 cm em suas dimensões. Pode-se observar através do APÊNDICE A, que apenas a janela j100 necessitou de diminuição em 20 cm de seu comprimento, pois a não alteração acarretaria em juntas prumo ou na unificação com a porta. A Tabela 4 apresenta o quadro de esquadrias.

Tabela 4 – Esquadrias de portas e janelas.

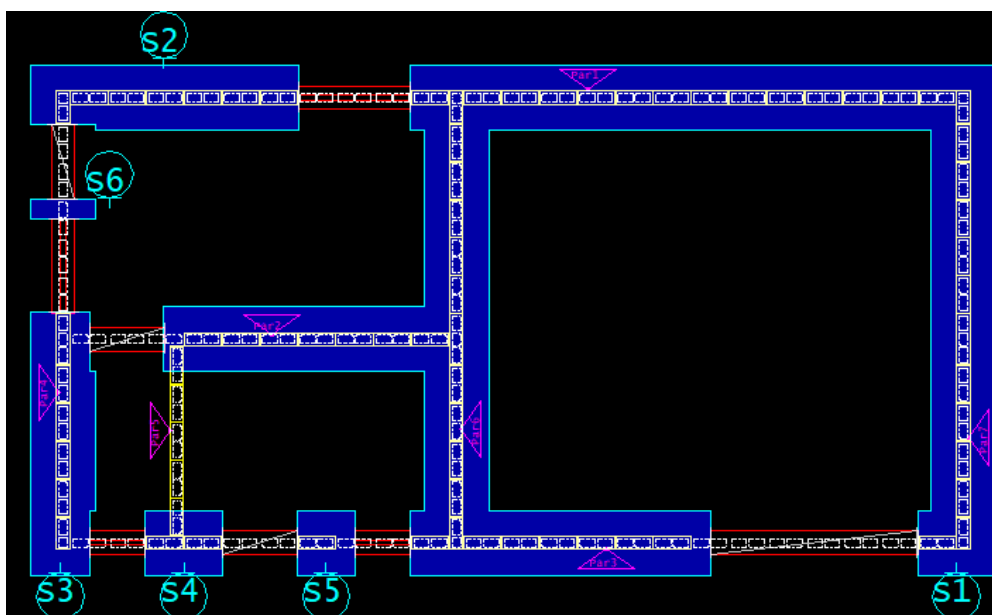
ESQUADRIAS		DIMENSÕES (cm)		
		Altura	Comprimento	Altura Peitoril
Portas	p80	220	200	-
	p220	200	220	-
Janelas	j120	140	120	80
	j100	140	100	80
	j 60	60	60	180

Fonte: Do autor (2022)

4.1.2 Dimensionamento

Através das subestruturas criadas, o *software* apresentou um relatório com as situações de verificação dos esforços. Essa verificação, deu-se de forma individualizada para cada conjunto de subestruturas. A Figura 16 apresenta as subestruturas consideradas.

Figura 16 – Subestruturas das paredes estruturais.



Fonte: Do autor (2022)

A verificação para o dimensionamento se deu através da relação entre o esforço solicitante e o resistente. As relações fornecidas pelo relatório permitiram verificar a taxa de solicitação de cada subestrutura, sendo que, as mesmas deveriam compreender um valor menor ou igual a 1.

Caso a relação apresentasse valores maiores que 1, o dimensionamento seria inviável, desta maneira, a depender do tipo de esforço, a região da subestrutura analisada poderia ser reforçada através de grauteamento, alteração da resistência inicial do prisma ou adição de armaduras.

Os resultados obtidos demonstraram que a alvenaria das subestruturas será do tipo não armada, tendo um bloco e argamassa com resistência de 4MPa. A maior relação entre esforço solicitante e resistente foi evidenciada na subestrutura S5, sendo solicitado 27,1% de sua capacidade resistente. A Tabela 5 apresenta a situação quanto ao dimensionamento.

Tabela 5 – Status quanto ao dimensionamento a compressão, flexo-compressão e cisalhamento das Subestruturas da alvenaria estrutural.

SUB ESTRUTURA	COMPRESSÃO	FLEXO COMPRESSÃO	CISALHAMENTO	SITUAÇÃO
	Nsd/Nrd	Fpknec/ fpk		
S1	0.188	0.211	ok	Não armada
S2	0.147	0.151	ok	Não armada
S3	0.127	0.137	ok	Não armada
S4	0.140	0.141	ok	Não armada
S5	0.271	0.244	ok	Não armada
S6	0.075	0	ok	Não armada

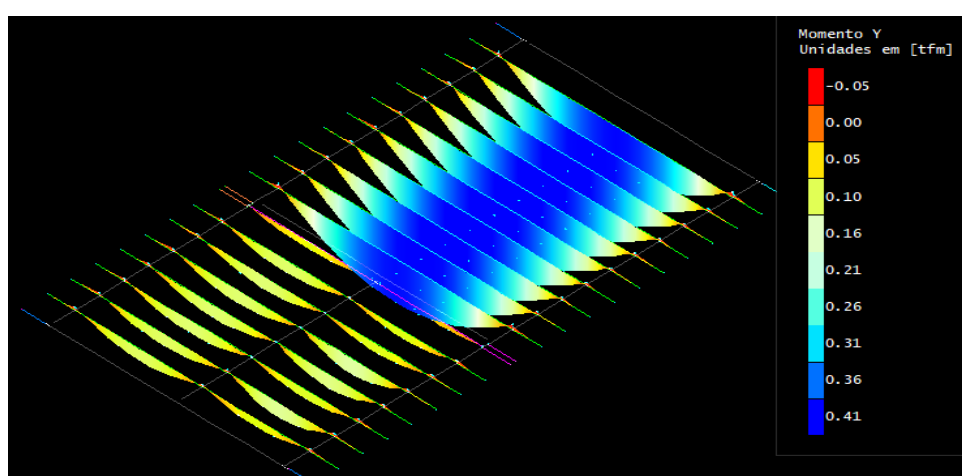
Nota :Em que :Nsd = força normal solicitante de cálculo; Nrd = força normal resistente de cálculo;
Fpknec = Resistência característica limite de compressão simples do prisma; Fpk= Resistência característica de compressão simples do prisma.

Fonte: Do autor (2022).

4.2 Lajes

Com a realização do processamento, o *software* discretizou a grelha espacial representando cada nervura da laje pré-moldada. Através da análise da grelha linear foi possível verificar as condições de carregamento quanto ao estado de limite último. Pode-se observar um momento máximo positivo de 0,41 tf.m na laje L3, e um momento negativo nos beirais de 0,05 tf.m. Na Figura 17, apresenta-se os momentos fletores atuantes na laje.

Figura 17- Momentos fletores atuantes na laje pré-moldada.

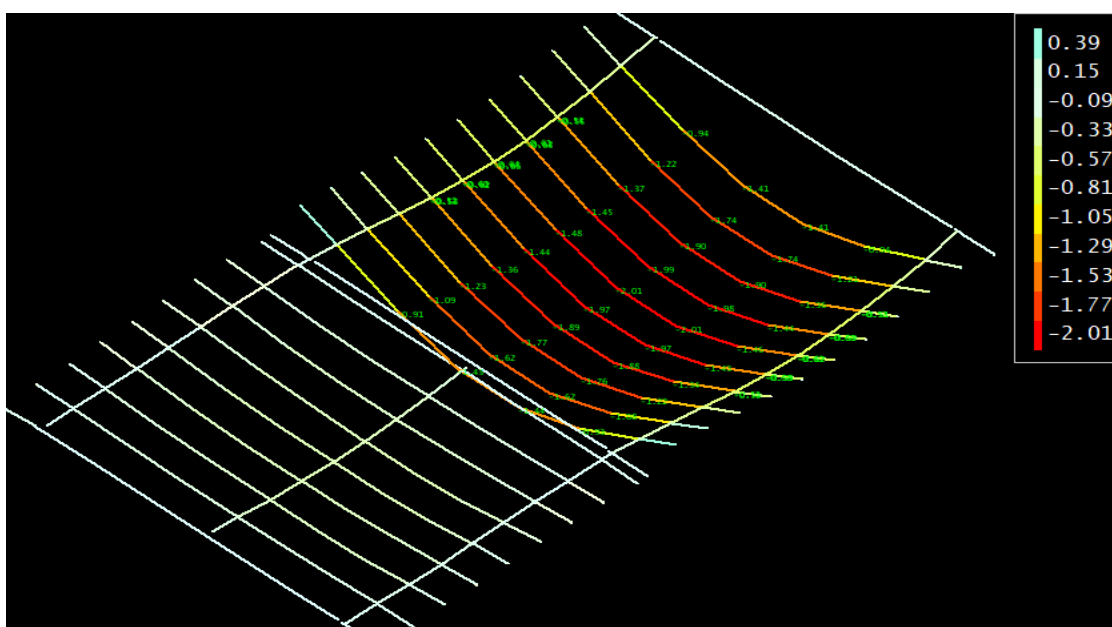


Fonte: Do autor (2022)

Ao verificar o dimensionamento, editou-se o arranjo das armaduras para que houvesse uma distribuição mais uniforme. Ao definir a disposição final das armaduras APÊNDICE B, pode-se utilizar da análise através de grelha não linear para verificar o dimensionamento quanto ao estado limite de serviço.

Dentre as lajes dimensionadas, a L3 sofreu maior deformação, totalizando uma flecha de 2,01 cm. Na Figura 18, pode-se visualizar a flechas através da análise de grelha não linear da laje pré-moldada.

Figura 18- Flechas total da laje pré-moldada.



Fonte: Do autor (2022).

Segundo NBR 6118 (2014), têm-se como limite de serviço a deformação máxima representada pela Equação 6. Com o vão de 4,7 m, obteve-se uma flecha máxima permitida de 1,88 m, valor esse inferior ao deslocamento encontrado.

$$\delta = \frac{l}{250} \quad (6)$$

Sendo,

l = Vão da laje, em cm;

δ = Flecha máxima permitida, em cm.

Para atender aos requisitos quanto a flecha máxima permitida, estabeleceu-se contraflecha de 1 cm conforme estabelecido pela NBR 6118 (2014). Na Equação 7, apresenta-se a contraflecha máxima permitida por norma.

$$\delta c = \frac{l}{350} \quad (7)$$

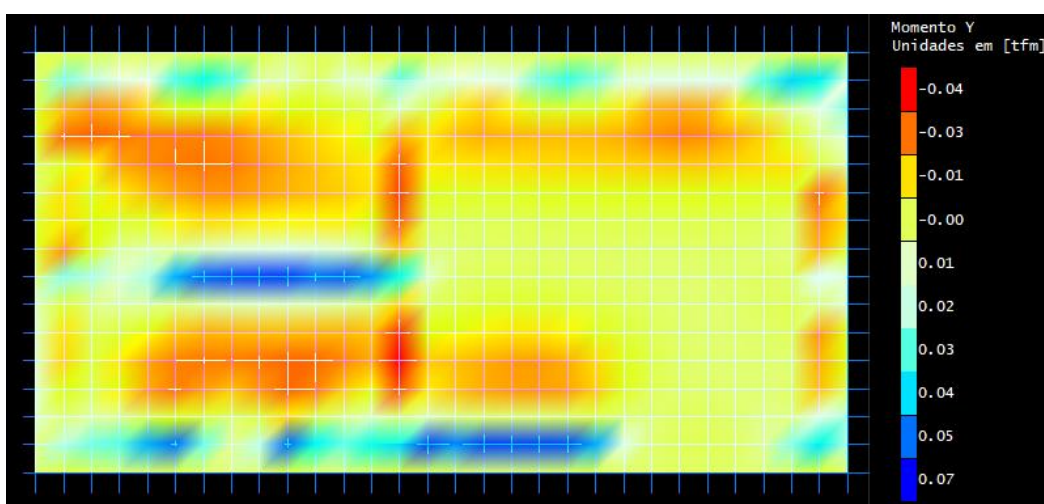
Sendo,

δc = Contraflecha máxima, em cm.

4.3 Radier

Diferentemente do espaçamento da grelha apresentada pelas lajes em que cada barra representava uma nervura, a grelha gerada para o dimensionamento do radier é composta por uma malha de espaçamento igualitário. Os carregamentos atuantes apresentaram maiores momentos positivos na região das paredes que receberam os carregamentos das lajes. Já nas paredes restantes e nas regiões centrais, compreenderam momentos negativos ou nulos. Na Figura 19, pode-se observar através da representação de isovalores, as regiões de momento fletor atuantes na grelha.

Figura 19 – Isovalores dos momentos fletores atuantes no radier.



Fonte: Do autor (2022)

Através dos momentos solicitantes, o programa dimensionou as armaduras e as distribuiu automaticamente. Conforme feito nas lajes, as distribuições considerando os

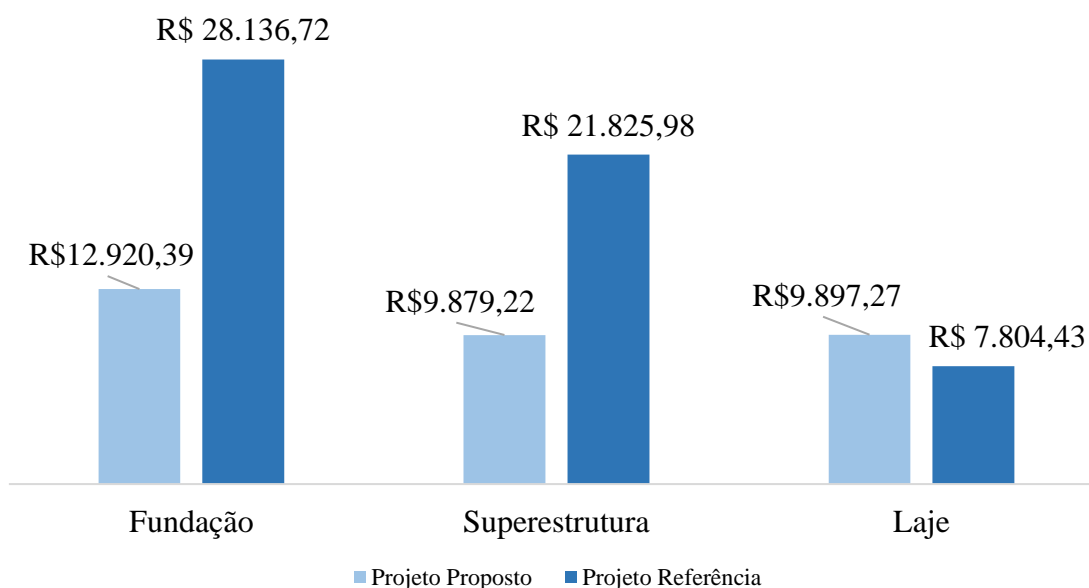
esforços teóricos foram modificadas para serem apresentadas da maneira convencional. O APÊNDICE C demonstra a distribuição das armaduras.

4.4 Custos

A discretização das composições de custos consideradas para executar cada etapa do projeto proposto e o de referência estão disponibilizados pelo APÊNDICE D e APÊNDICE E, respectivamente. Nas tabelas, as composições de custos foram organizadas por etapas de projeto em ordem crescente dos custos.

O levantamento do custo total para a estrutura em concreto armado e fundação por estacas foi de R\$ 57.767,13 reais, totalizando R\$ 1.286,86 reais por m². Já o custo levantado para o projeto em alvenaria estrutural e fundação por radier foi de R\$ 32.696,88 reais, totalizando R\$ 700,78 reais por m², tendo este, uma redução de 45,54% em relação ao custo do m² do projeto de referência. O Gráfico 1 apresenta o custo total de cada etapa de projeto, sendo que, no projeto de referência, considerou-se a parcela da alvenaria de vedação para compor a superestrutura de viga e pilar.

Gráfico 1- Custos por estrutura (concreto armado e alvenaria estrutural).



Fonte: Do autor (2022).

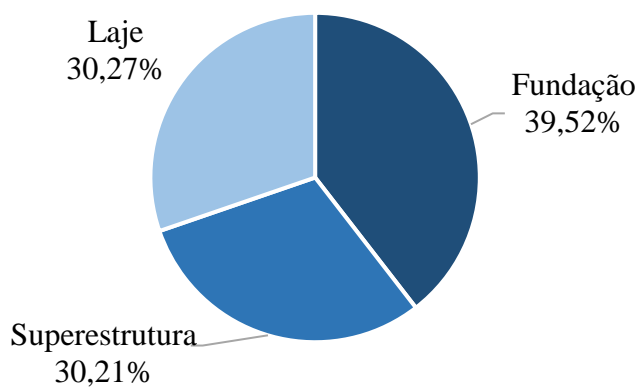
Através dos resultados obtidos pela composição de custos do projeto de referência, pode-se observar que 38% do custo total para realizar a etapa de fundação e superestrutura (sem vedação) foi proveniente das composições de formas de madeira, 26% de armação e 20% de concretagem. Para o projeto proposto, o responsável pelo maior impacto do custo para superestrutura foi da composição dos blocos estruturais, totalizando 82%. Para a fundação, a composição proveniente da armação do radier correspondeu a 66% do total.

Pode-se observar, mesmo havendo uma redução no custo da fundação e superestrutura, houve um maior custo para laje. Tal fato, deu-se pela adequação da arquitetura para garantir a modulação das paredes, aumentando-se assim as áreas e conseqüentemente os vãos das lajes. Além do mais, aumentou-se a espessura da laje pré-moldada para 16 cm. Como não havia viga intermediária no vão do almojarifado como no projeto de referência, não foi possível manter a mesma espessura da laje, assim, aumentou-se o consumo de concreto e conseqüentemente o custo.

O Gráfico 2 apresenta a proporção do impacto de cada etapa no custo final do projeto proposto, onde as parcelas apresentaram uma distribuição equilibrada. Diferentemente, as parcelas do projeto de referência demonstrada pelo Gráfico 3, demonstraram que a fundação

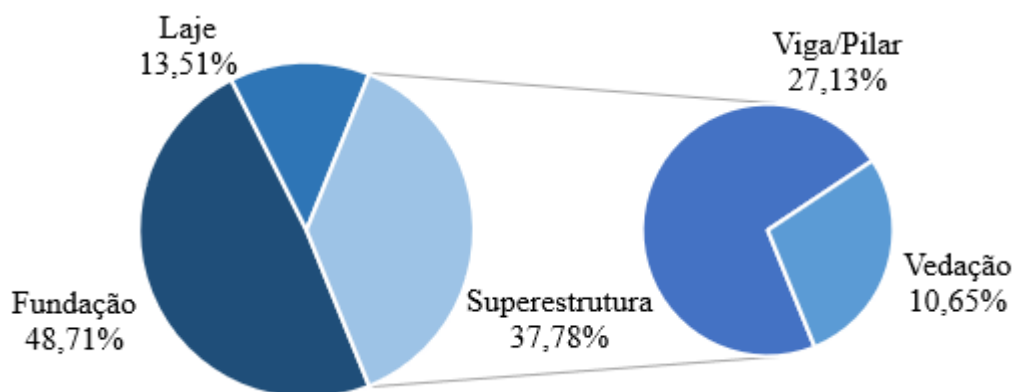
correspondeu a um total de 48,71% do custo final e que a vedação correspondeu a uma parcela de 10,65% do total da superestrutura.

Gráfico 2 – Proporção dos custos do projeto proposto (alvenaria estrutural).



Fonte: Do autor (2022).

Gráfico 3 – Proporção dos custos do projeto de referência (alvenaria convencional).



Fonte: Do autor (2022).

5 CONCLUSÃO

Por meio do estudo realizado nesse trabalho buscou-se propor através do *software* CAD/TQS um projeto de radier e alvenaria estrutural em edificação térrea que apresentasse um menor custo em relação ao projeto original. Mesmo havendo um aumento de 3,9% da área construída, os resultados obtidos puderam evidenciar uma redução de 54,08% na fundação e 54,73% na superestrutura (com vedação).

Tamanha redução obtida na fundação deve-se ao elevado custo do projeto de referência, onde o maquinário necessário para executar estacas escavadas em solo rochoso eleva significativamente o custo do projeto. Outro ponto a considerar é a robustez da fundação original, visto que, há um maior gasto de materiais e mão de obra para execução dos elementos.

Quanto à superestrutura, evidenciou-se a grande influência que as etapas envolvendo formas de madeira têm no custo final. Desta maneira, em edificações onde não há reaproveitamento das formas, a alvenaria estrutural exerce grande vantagem no custo final. Ademais, com a crescente do preço do aço, a alvenaria estrutural apresentou larga vantagem pela baixa utilização do material, diferentemente da superestrutura em vigas e pilares. Outro ponto a considerar, é a dupla função exercida pelo bloco estrutural, onde o projeto convencional dispense de um custo a mais para obter o mesmo resultado final.

Embora tenha-se obtido redução no custo do projeto estrutural proposto, deve-se atentar ao custo de mão de obra fornecido pela SINAPI (2022), pois este leva em consideração o preço estabelecido pelo regime CLT.

Sabe-se que no país, principalmente em construções de pequeno porte, existem modalidades diferentes para contratação da mão de obra, onde os encargos sociais e as tomadas de preço podem apresentar grandes variações em relação àqueles adotados pela tabela.

Além do mais, ao adotar alvenaria estrutural, deve-se atentar as adequações dos projetos complementares, pois diferentemente da alvenaria convencional, não é permitido o recorte ou quebra das paredes. O mesmo ocorre com as modificações provenientes de reformas, desta maneira o modelo de alvenaria estrutural apresenta inflexibilidade a modificação da arquitetura.

Através dos resultados obtidos, evidencia-se a larga vantagem econômica dispendida pelo projeto proposto. Entretanto, cabe ao profissional conhecer a disponibilidade de blocos estruturais na região e as necessidades do cliente para propor este tipo de modelo estrutural.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACCETI, Kristiane M. **Contribuições ao Projeto Estrutural de Edifícios em Alvenaria**. Universidade de São Paulo. São carlos. 1998.

ALVA, Gerson M. S. **Projeto estrutural de sapatas**. Universidade de Santa Maria. Santa Maria, p. 39. 2007.

ARAÚJO, Luís Otávio C. D.; FREIRE, Tomás M. **Tecnologia e Gestão de Sistemas Construtivos de Edifícios**. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, p. 86. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estrutura em concreto, Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120**: Ações para cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16868-1**: Alvenaria estrutural, Parte 1: Projeto. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

BARBOSA, Eduarda P. **Fundações rasas e profundas**. 1ª. ed. São Paulo: Platos Soluções Educacionais S.A, 2021.

BARROS, Mercia M. S. B.; MELHADO, Silvio B. **Recomendações para a produção de estruturas de concreto armado em edifícios**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 88. 2006.

BASTOS, Paulo S. **Fundamentos do Concreto Armado**. Unesp. Bauru, p. 89. 2019.

CAIXA. **SINAPI - Metodologia e conceitos**. 8ª. ed. Brasília: Caixa Econômica Federal, 2020.

CAMPOS, João C. D. **Elementos de fundação em concreto**. São Paulo: Oficina de textos, 2015.

CARVALHAIS, Rafael M. **Comportamento geotécnico de aterros aeroportuários sobre fundações compressíveis - Estudo e análises do aterro do aeroporto de Itajubá/MG**. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto. 2017.

CBIC.CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2022. Disponível em: <https://cbic.org.br/>. Acesso em: 3 Março 2022.

CERNICA, J. N. **Geotechnical Engineering**: Foundation Desingn. New York: John Wiley & Sons, 1995.

CHADE, Wilton T. Fôrmas Pré-Fabricadas de Madeira. **Téchne**, São Paulo, p. 8, Outubro 2009. Disponível em: <http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/151/imprime154>. Acesso em: 18 jul. 2022.

CLÍMACO, JOÃO C. T. D. S. **Estruturas de concreto armado**: fundamentos de projeto, dimensionamento e verificação. 3. ed. Brasília: Unb, 2016.

COMELLI, Leonardo. **Estudo comparativo da aplicação da alvenaria estrutural com a alvenaria comum**. UNISUL. Palhoça, p. 63. 2019.

DELATORRE, L A. **Análise comparativa de custo entre edifício de alvenaria estrutural e de concreto armado convencional**. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, p. 79 f. 2014.

DÓRIA, Luís Eduardo S. **Projeto de estrutura de fundação em concreto do tipo radier**. Universidade Federal de Alagoas. Alagoas, p. 93. 2007.

FREITAS, Maria Luiza M. X. D. CONCRETO ARMADO NO BRASIL: INVENÇÃO, HISTÓRIA, REVISÕES. **História e Historiografia da Arquitetura e do Urbanismo Modernos no Brasil**, Salvador, 7-10 out. 2019. 15 f.

GOLDMAN, Pedrinho. **Introdução ao Planejamento e Controle de Custos na Construção Civil Brasileira**. 4ª. ed. São Paulo: PINI, v. -, 2004.

HENDRY, A.W. Engineered design of masonry buildings: fifty years development in Europe. **Prog. Struct. Eng. Mater**, Scotland, v. 4, n. 3, p. 291 -300, 2002.

KIMURA, Alio. **Informática aplicada a estruturas de concreto armado**. 2ª. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2018.

KRISTINER, Isabel. **Análise comparativa com enfoque na estabilidade global de edifícios de múltiplos pavimentos utilizando o modelo IV e o modelo VI do software CAD/TQS**. Universidade do Vale do Taquari. Lajeado. 2019.

LAGE, Rangel C. **Master em Alvenaria Estrutural**. [S.l.]. 2021.

LISBOA, Ricardo. Q. **Análise comparativa entre prédios com estrutura convencional em concreto armado e alvenaria estrutural**. Universidade da Amazônia. Belém, p. 69 f. 2008.

MACGREGOR, J C. **Reinforced concrete - Mechanics and design**. 3ª. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1997. 939p p.

MEHTA, Povindar K.; MONTEIRO, Paulo J. M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 2ª. ed. São Paulo: Nicole Pagan Hasparyk, 2014.

MOHAMAD, Gihad; MACHADO, Diego W. N.; JANTSCH, Ana Cláudia A. **Alvenaria estrutural: Construindo o conhecimento**. 1ª. ed. São Paulo: Blucher, 2018.

MOURA, José Ricardo B. **Estruturas de Concreto Protendido**. Universidade de Fortaleza. Fortaleza. 2000.

PASTRO, Rodrigo Z. **Alvenaria Estrutural Sistema Construtivo**. Universidade São Francisco. Itatiba, p. 40. 2007.

PENTEADO, A. F. **Gestão da produção do sistema construtivo em alvenaria estrutural**. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, p. 190. 2003.

PINHEIRO, Libânio M. **Fundamentos do Concreto e Projeto de Edifícios**. Universidade de São Paulo. São Carlos. 2007.

RAMALHO, Marcio A.; CORRÊA, Márcio R. S. **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutura**. 1ª. ed. São Paulo: PINI, 2003.

RAUBER, F. C. **Contribuições ao projeto arquitetônico de edifícios em alvenaria estrutural**. Universidade de Santa Maria. Santa Maria. 2005.

SALEMA. Laje salema. **Salema Lajes Treliçadas e Protendidas**, 19 Março 2022. ISSN -. Disponível em: <https://lajesalema.com.br/1024/lajetrelica.html>. Acesso em: 19 Março 2022.

SANTOS, Roberto E. D. **A armação do concreto no Brasil: história da difusão do sistema construtivo concreto armado e da construção de sua hegemonia**. UFMG. Belo Horizonte, p. 327. 2008.

SCHELEIDER, Avner A.; SILVA, Mayara D. C. **Análise comparativa do comportamento estrutural e desempenho construtivo de lajes lisas maciças em concreto armado versus concreto protendido - Estudo de caso aplicado em TQS**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba. 2017.

SCHIMIDTKE, Werner F. *et al.* Fundações Do Tipo Radier. **Conexão Eletrônica**, Três Lagoas, v. 14, n. 2017, p. 1801-1807, 2017. ISSN 1/1.

SILVA, Gerson R. D.; LOPES, Ramon P. **Comparação entre fundação profunda, hélice contínua e fundação superficial radier**. Faculdades integradas de caratinga. Caratinga. 2017.

SILVA, Guilherme V. M. D. **Estudo de distribuição de esforços em lajes nervuradas com abertura através da analogia de grelha**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2015.

SINAPI SISTEMA NA CIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL, Porto Alegre, p. 3792, 2022. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/>. Acesso em: 17 Março 2022.

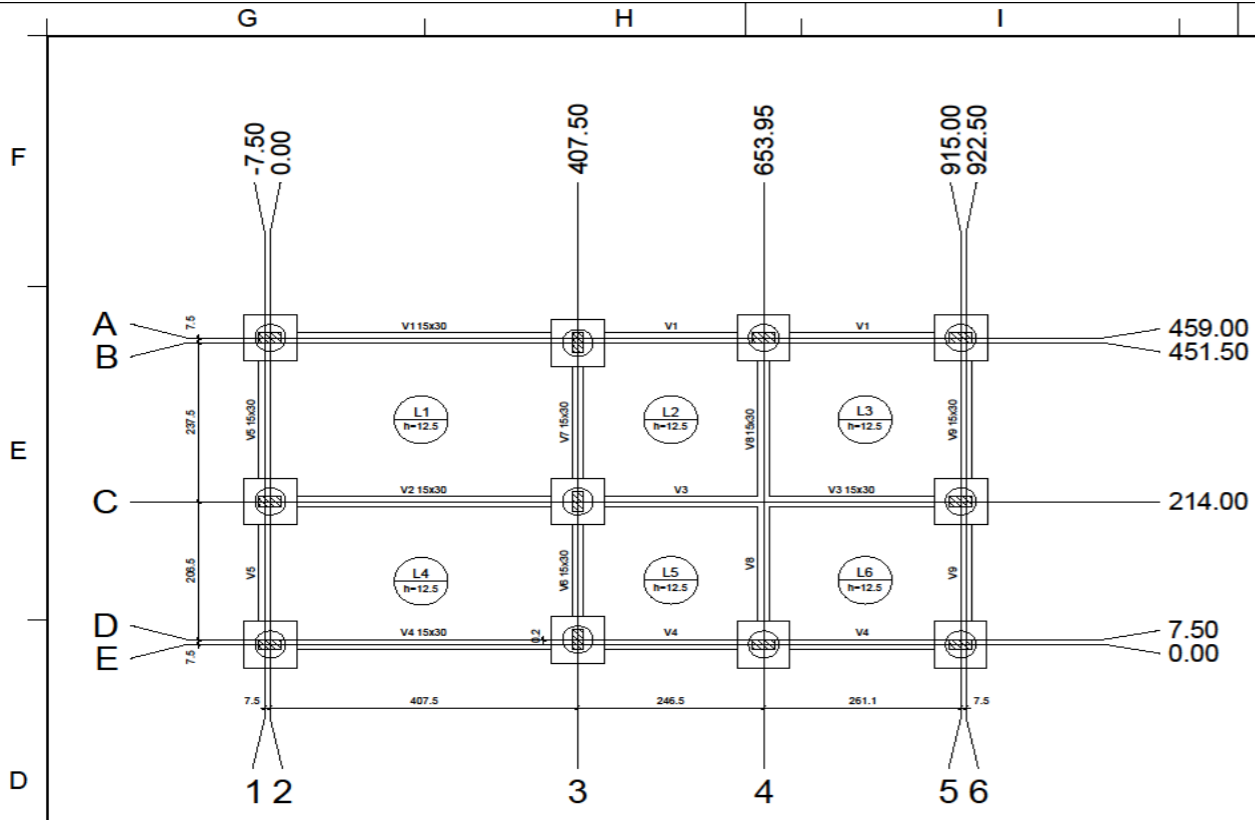
SOARES, Sílvia M. B. **Alvenaria Estrutural**. PUCRS. Porto Alegre, p. 112. 2007.

SOUZA JÚNIOR, Tarley F. **Estruturas de concreto armado**, Lavras, [200-]. 23p. Notas de aulas. Universidade Federal de Lavras.

TELLES, Pedro C. D. S. **História da Engenharia no Brasil. Século XX**. Rio de Janeiro: Clavero, 1994.

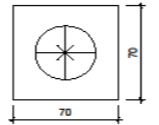
VELLOSO, Dirceu D. A.; LOPES, Francisco D. R. **Fundações: Critérios de Projeto - Fundações Superficiais**. 1ª. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

ANEXO A - Planta de forma da fundação e a armação do radier



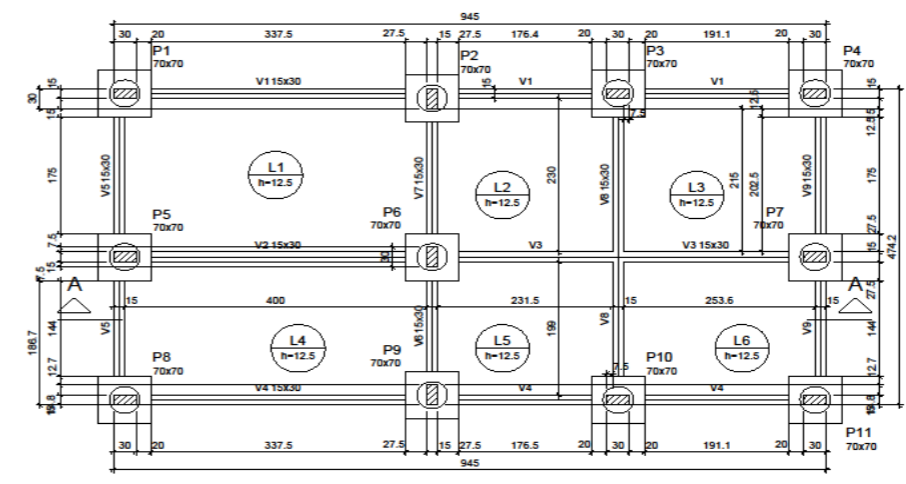
Estacas		
Simbologia	Nome	Quantidade
⊕	C40	11

B1-B2-B3-B4-B5-B6-B7-B8
B9-B10-B11 (1xC40)

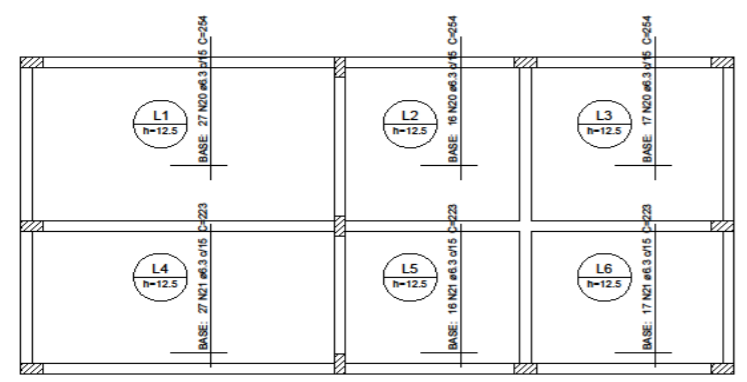


Legenda dos blocos
escala 1:25

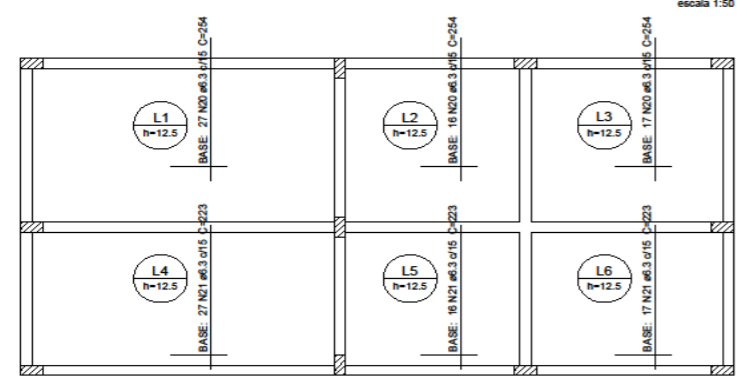
Legenda das vigas e paredes	
	Viga
	Fundação



Forma do pavimento Fundação
escala 1:50

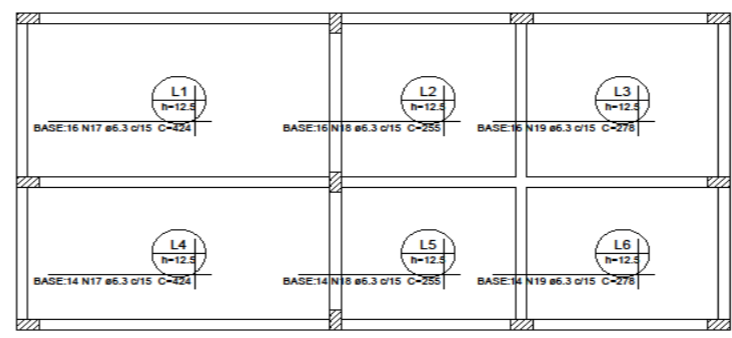
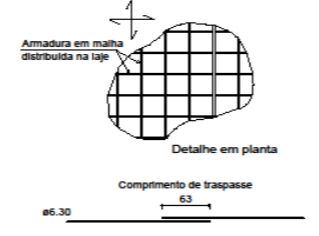


Armação superior do radier do pavimento Fundação (Eixo Y)
escala 1:50

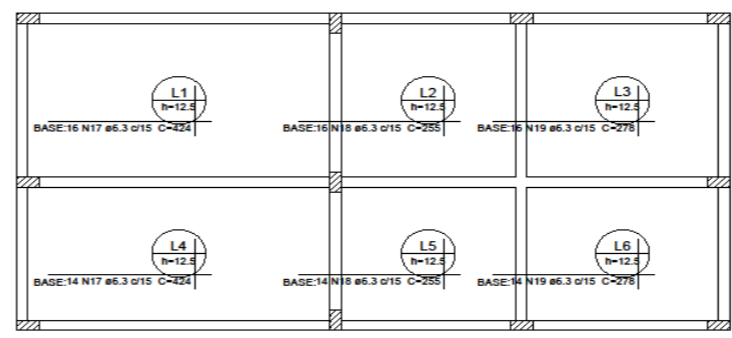


Armação inferior do radier do pavimento Fundação (Eixo Y)
escala 1:50

DETALHE DA ARMADURA DE MALHA BASE

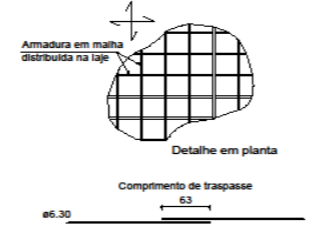


Armação superior do radier do pavimento Fundação (Eixo X)
escala 1:50



Armação inferior do radier do pavimento Fundação (Eixo X)
escala 1:50

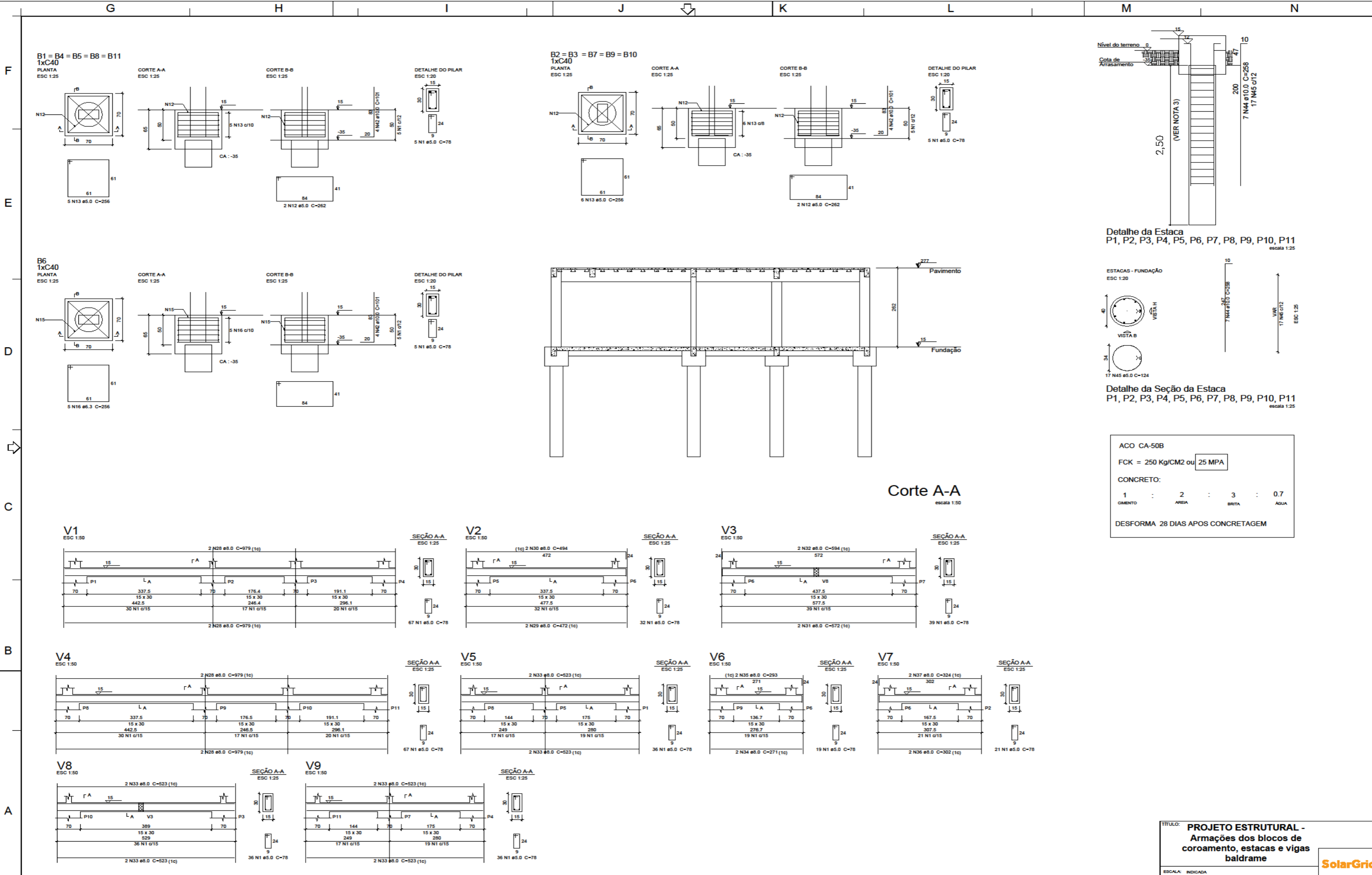
DETALHE DA ARMADURA DE MALHA BASE



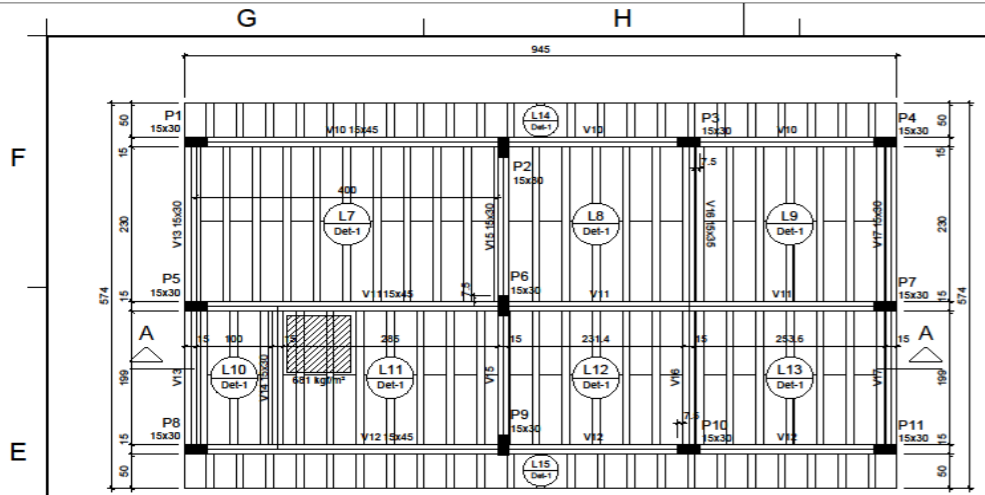
TÍTULO:
PROJETO ESTRUTURAL - PLANTA DE FORMA DA FUNDAÇÃO E ARMAÇÃO DO RADIER

ESCALA: INDICADA

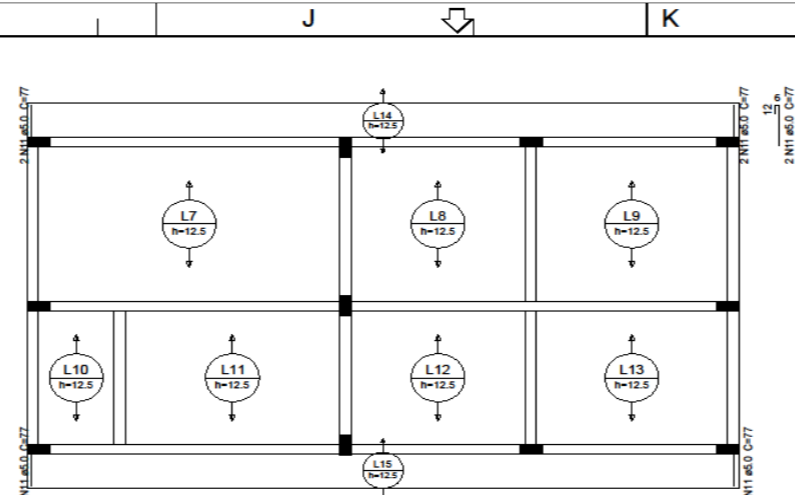
ANEXO B - Armações dos blocos de coroamento, estacas e vigas baldrame



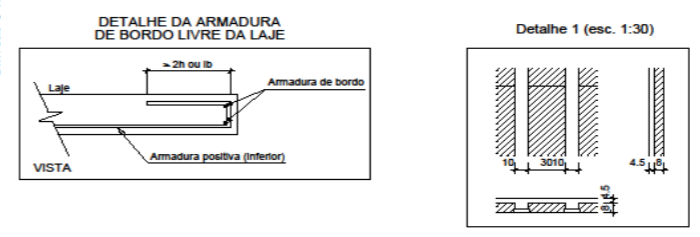
ANEXO C – Planta de forma das lajes, vigas e pilares



Forma do pavimento Cobertura
escala 1:50

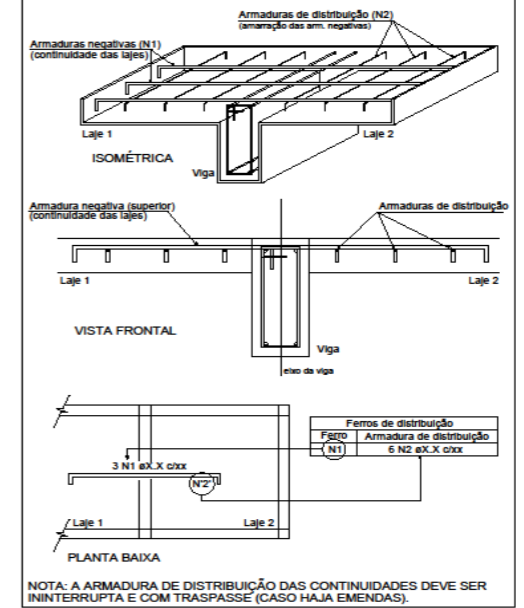


Armação positiva das lajes do pavimento Cobertura (Eixo Y)
escala 1:50



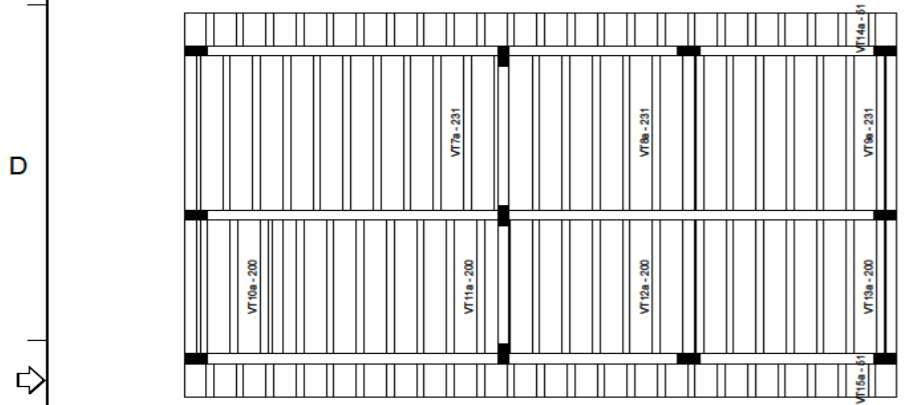
Armaduras de distribuição	
Armadura	Armadura de distribuição
N14	7 N5 ø5.0 c/20 C-415
N14	7 N6 ø5.0 c/20 C-246
N14	7 N7 ø5.0 c/20 C-267
N14	7 N8 ø5.0 c/20 C-115
N14	7 N9 ø5.0 c/20 C-300
N14	7 N6 ø5.0 c/20 C-246
N14	7 N10 ø5.0 c/20 C-269

DETALHE DA ARMADURA SUPERIOR DE CONTINUIDADE DA LAJE E MONTAGEM DA ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO PARA A LAJE 14 E 15

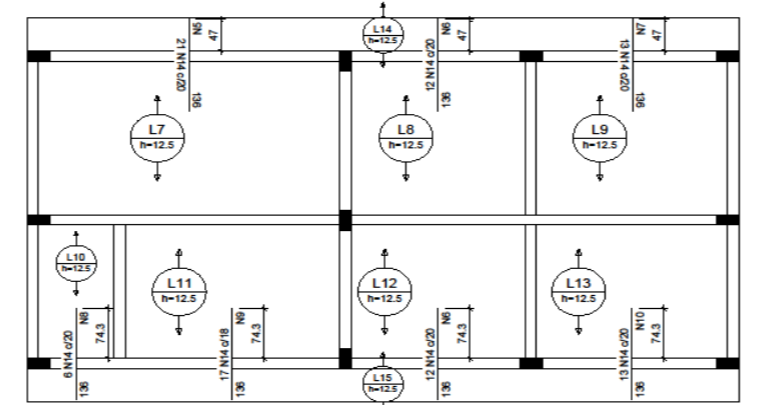


AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	717	78	55926
	2	5.0	88	54	4752
	3	5.0	112	108	12096
	4	5.0	25	88	2200
	5	5.0	7	415	2905
	6	5.0	14	246	3444
	7	5.0	7	257	1809
	8	5.0	7	115	805
	9	5.0	7	300	2100
	10	5.0	7	269	1863
	11	5.0	8	77	616
	12	5.0	20	262	5240
	13	5.0	55	256	14080
	14	6.3	94	136	12784
	15	6.3	2	252	504
	16	6.3	5	256	1280
	17	6.3	60	424	25440
	18	6.3	60	255	15300
	19	6.3	60	276	16560
	20	6.3	120	254	30480
	21	6.3	120	223	26760
	22	8.0	4	484	1936
	23	8.0	6	504	3024
	24	8.0	2	223	446
	25	8.0	2	259	518
	26	8.0	4	468	1872
	27	8.0	2	512	1024
	28	8.0	6	979	7832
	29	8.0	2	472	944
	30	8.0	2	494	988
	31	8.0	2	572	1144
	32	8.0	2	594	1188
	33	8.0	12	523	6276
	34	8.0	2	271	542
	35	8.0	2	293	586
	36	8.0	2	302	604
	37	8.0	2	324	648
	38	10.0	44	259	11396
	39	10.0	6	939	5634
	40	10.0	4	982	3928
	41	10.0	1	186	186
	42	10.0	44	101	4444
	43	12.5	2	971	1942
	44	10.0	77	258	19866
CA60	45	5.0	187	124	23188

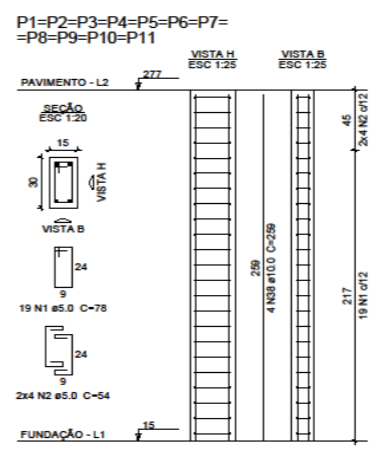
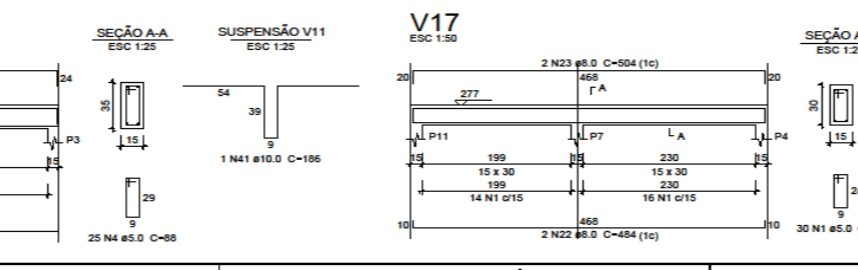
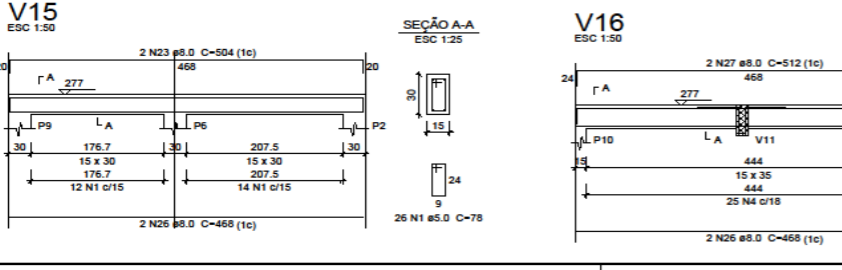
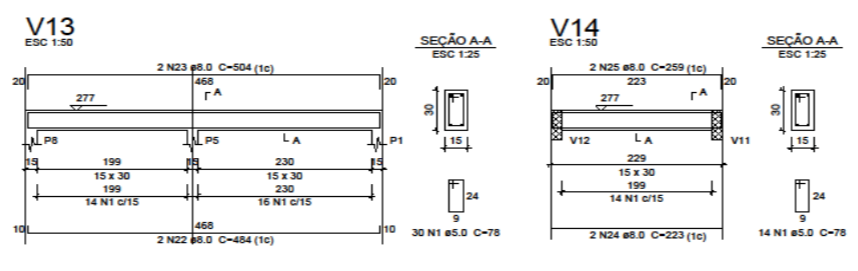
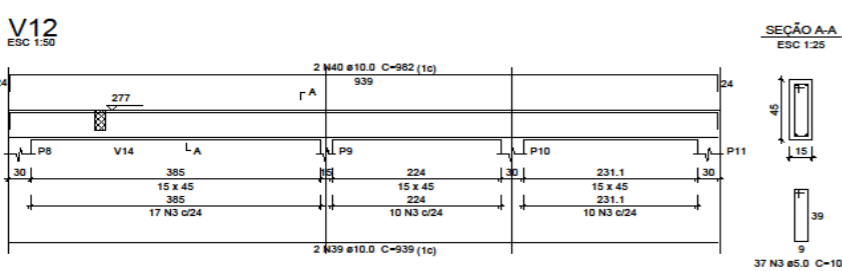
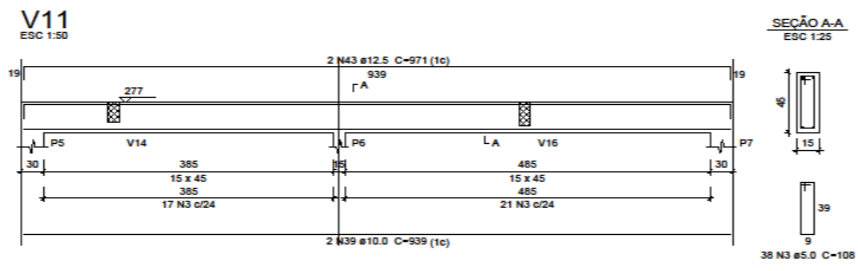
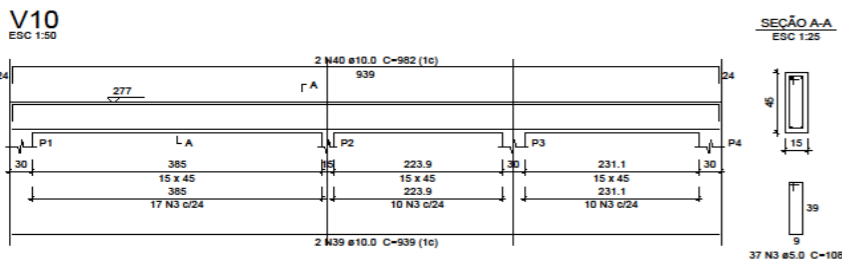
Resumo do aço			
AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	PESO + 10% (kg)
CA50	6.3	1292.5	347.9
	8.0	295.8	128.4
	10.0	454.7	307.4
	12.5	19.5	20.6
CA60	5.0	1311.1	222.2
PESO TOTAL (kg)			
CA50		804.3	
CA60		222.2	



Planta de vigotas pré-moldadas
escala 1:50



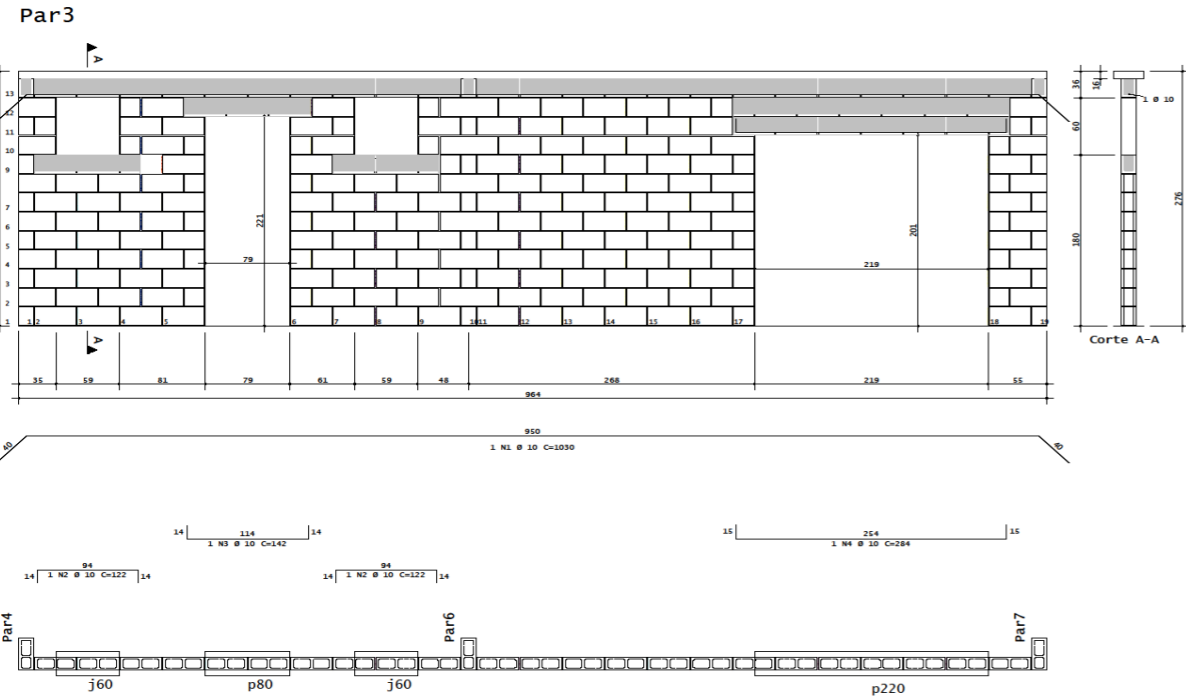
Armação negativa das lajes do pavimento Cobertura (Eixo Y)
escala 1:50



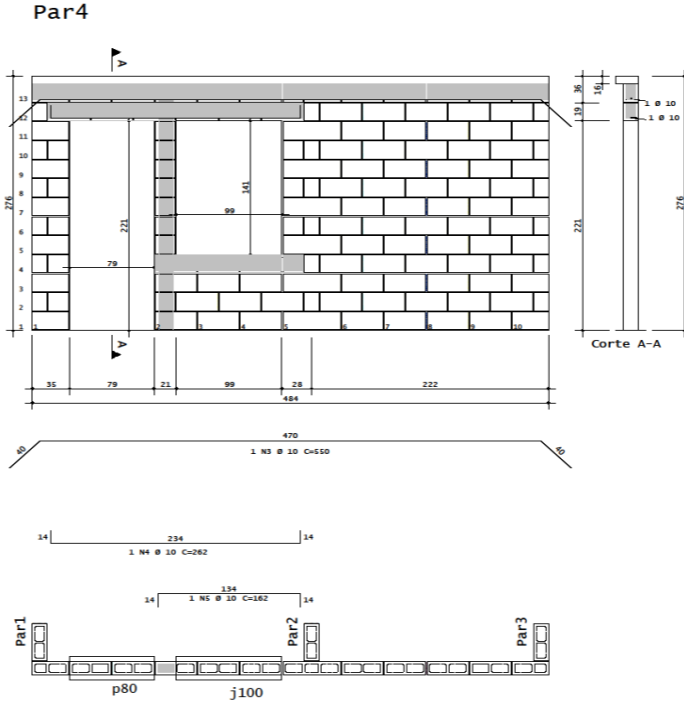
Planta de forma das lajes, vigas e pilares

APÊNDICE A – Projeto em alvenaria estrutural

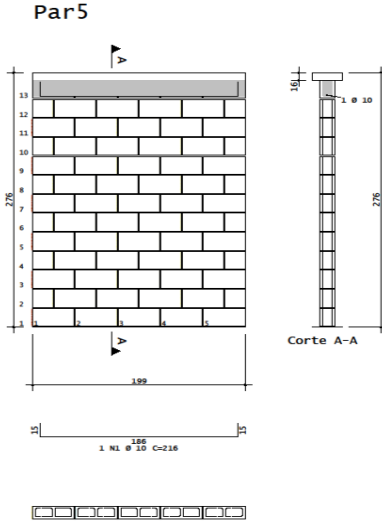
Desenho produzido por versão acadêmica, proibido uso comercial



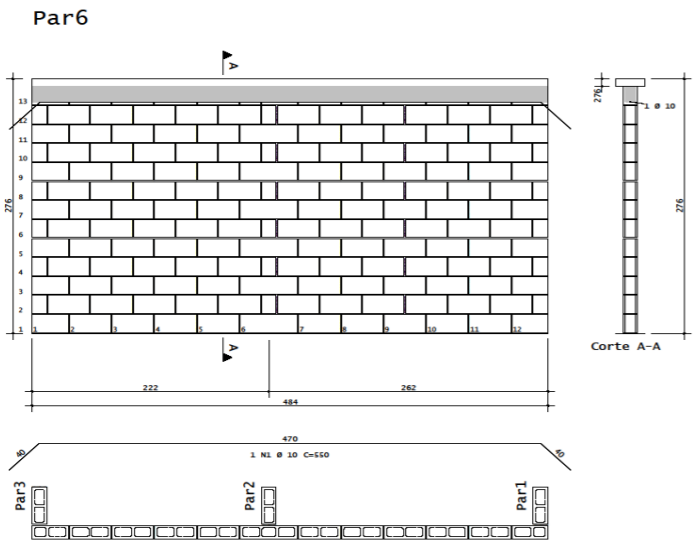
Desenho produzido por versão acadêmica, proibido uso comercial



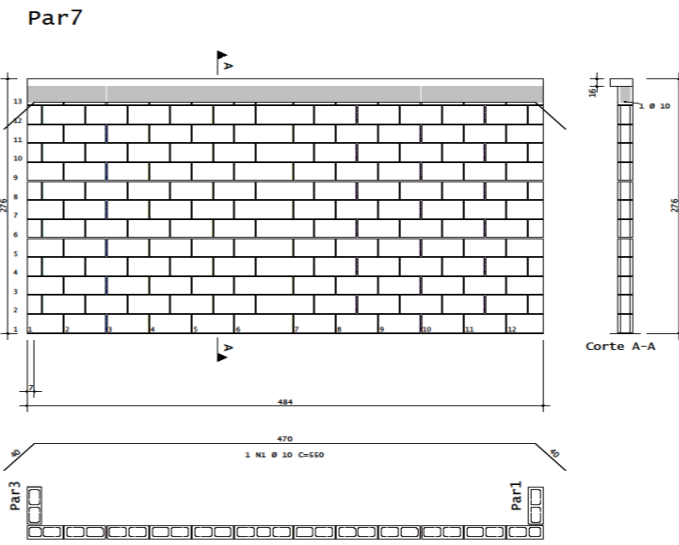
Desenho produzido por versão acadêmica, proibido uso comercial



Desenho produzido por versão acadêmica, proibido uso comercial



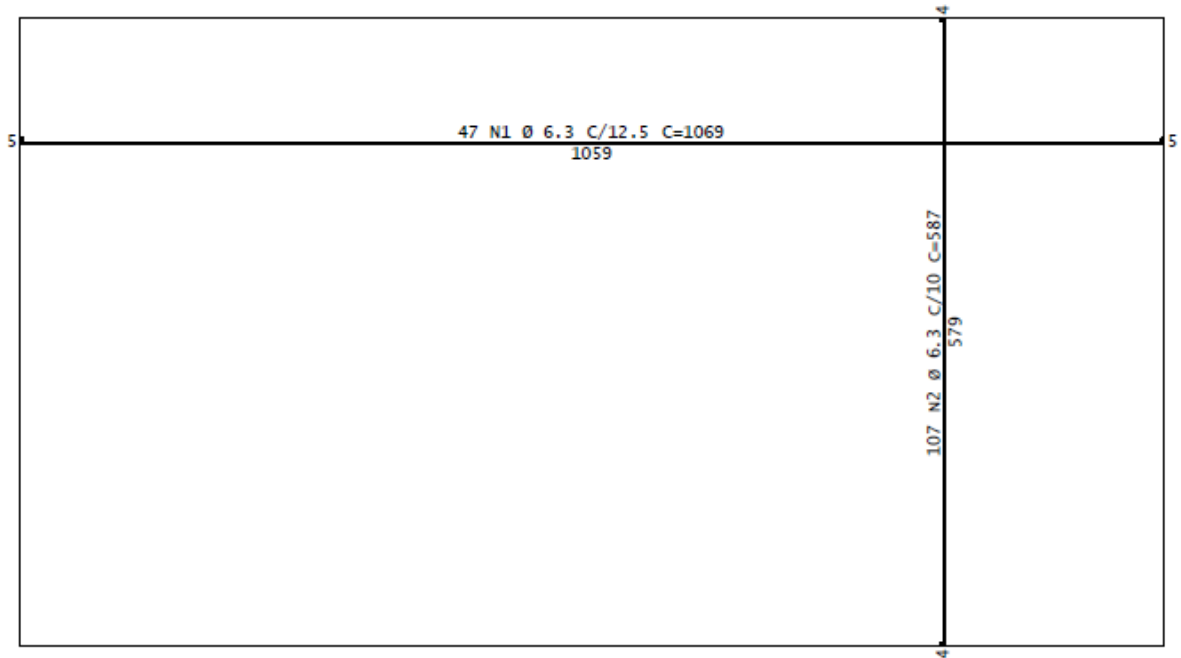
Desenho produzido por versão acadêmica, proibido uso comercial



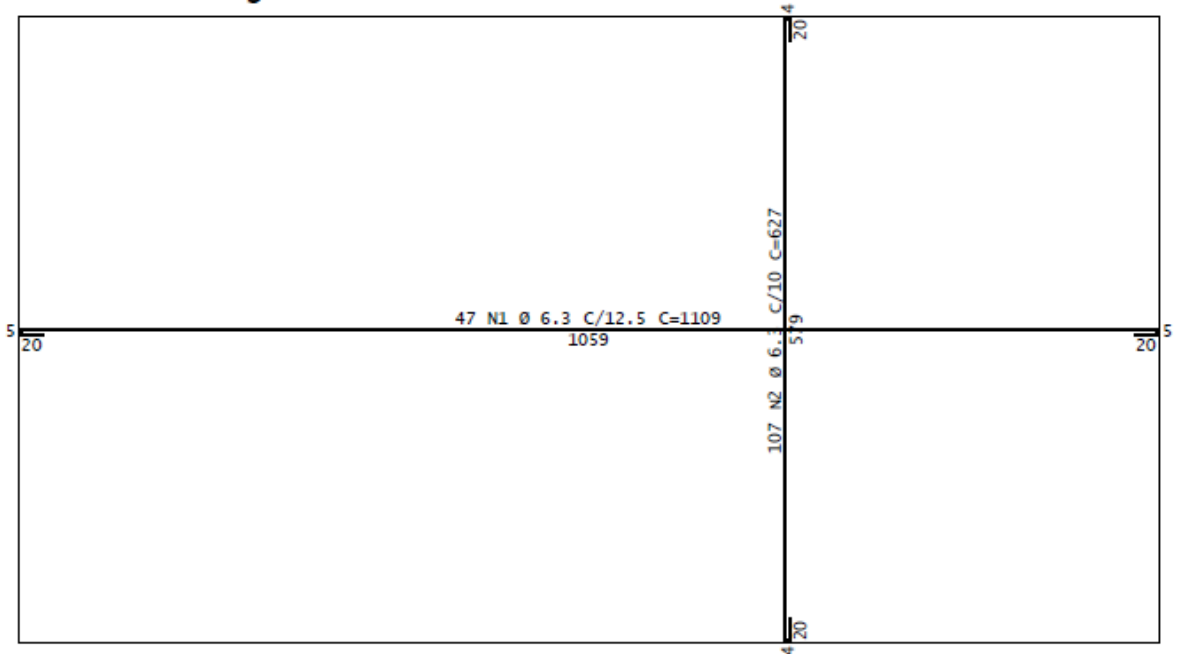
NOME Avenaria Estrutural		DEL. Nº 002
TÍTULO Par3 / Par4 / Par5 / Par6 / Par7		REV. Nº 00
DATA 11/04/2022	ESCALA 1:25	DESENHO PRO-TER-ALV-001-000

APÊNDICE C - Distribuição das armaduras do radier

Armadura positiva



Armadura negativa



APÊNDICE D – Composição de custos do projeto proposto

	COD	DESCRICAO DA COMPOSICAO	UNI	ORIGEM	Custo Un	Qtde	Custo
FUDANÇÃO	97082	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VIGA DE BORDA PARA RADIER. AF_09/2021	M3	C	54,71	3,10	169,60
	97083	COMPACTAÇÃO MECÂNICA DE SOLO PARA EXECUÇÃO DE RADIER, PISO DE CONCRETO OU LAJE SOBRE SOLO, COM COMPACTADOR DE SOLOS A PERCUSSÃO. AF_09/2021	M2	SP	2,90	62,14	180,21
	97087	CAMADA SEPARADORA PARA EXECUÇÃO DE RADIER, PISO DE CONCRETO OU LAJE SOBRE SOLO, EM LONA PLÁSTICA. AF_09/2021	M2	CR	2,91	62,14	180,83
	96622	LASTRO COM MATERIAL GRANULAR, APLICADO EM PISOS OU LAJES SOBRE SOLO, ESPESSURA DE *5 CM*. AF_08/2017	M3	SP	104,87	3,10	325,10
	97086	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FORMA PARA RADIER, PISO DE CONCRETO OU LAJE SOBRE SOLO, EM MADEIRA SERRADA, 4 UTILIZAÇÕES. AF_09/2021	M2	CR	101,04	3,30	333,03
	MOD 97096	CONCRETAGEM DE RADIER, PISO DE CONCRETO OU LAJE SOBRE SOLO, FCK 25 MPA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_09/2021	M3	CR	508,34	6,21	3156,81
	92785	ARMAÇÃO DE LAJE DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	CR	15,07	569,00	8574,83
ALVENARIA	103319	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO DE 14X19X39 CM (ESPESSURA 14 CM) E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO MANUAL. AF_12/2021	M2	SP	89,88	5,17	465,04
	90000	ARMAÇÃO DE VERGA E CONTRAVERGA DE ALVENARIA ESTRUTURAL; DIÂMETRO DE 10,0 MM. AF_09/2021	KG	CR	13,36	38,00	507,68
	MOD 89995	GRAUTEAMENTO DE CINTA SUPERIOR OU DE VERGA EM ALVENARIA ESTRUTURAL. AF_09/2021	M3	CR	774,51	1,02	790,00
	MOD 89475	ALVENARIA DE BLOCOS DE CONCRETO ESTRUTURAL 14X19X39 CM, (ESPESSURA 14 CM), FBK = 4 MPA, PARA PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M², COM VÃOS, UTILIZANDO COLHER DE PEDREIRO. AF_12/2014	M2	CR	94,87	85,55	8116,51
LAJE	MOD 101952	LAJE PRÉ-MOLDADA UNIDIRECIONAL, BIAPOIADA, ENCHIMENTO EM EPS, VIGOTA TRELIÇADA, ALTURA TOTAL DA LAJE (ENCHIMENTO+CAPA) = (12+4). AF_11/2020	M2	CR	175,80	56,30	9897,27

APÊNDICE E – Composição de custos do projeto de referência

	COD	DESCRICAÇÃO DA COMPOSIÇÃO	UNI	ORIGEM	Custo Un	Qtde	Custo
FUNDAÇÃO	97083	COMPACTAÇÃO MECÂNICA DE SOLO PARA EXECUÇÃO DE RADIER, PISO DE CONCRETO OU LAJE SOBRE SOLO, COM COMPACTADOR DE SOLOS A PERCUSSÃO. AF_09/2021	M2	SP	2,90	34,65	100,49
	97087	CAMADA SEPARADORA PARA EXECUÇÃO DE RADIER, PISO DE CONCRETO OU LAJE SOBRE SOLO, EM LONA PLÁSTICA. AF_09/2021	M2	CR	2,91	34,65	100,83
	96527	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALA PARA VIGA BALDRAME (INCLUINDO ESCAVAÇÃO PARA COLOCAÇÃO DE FORMAS). AF_06/2017	M3	C	111,20	1,16	128,77
	95601	ARRASAMENTO MECANICO DE ESTACA DE CONCRETO ARMADO, DIAMETROS DE ATÉ 40 CM. AF_05/2021	UN	CR	16,39	11,00	180,29
	96622	LASTRO COM MATERIAL GRANULAR, APLICADO EM PISOS OU LAJES SOBRE SOLO, ESPESSURA DE *5 CM*. AF_08/2017	M3	SP	104,87	1,73	181,69
	96523	ESCAVAÇÃO MANUAL PARA BLOCO DE COROAMENTO OU SAPATA (INCLUINDO ESCAVAÇÃO PARA COLOCAÇÃO DE FORMAS). AF_06/2017	M3	C	84,60	3,50	296,10
	96621	LASTRO COM MATERIAL GRANULAR, APLICAÇÃO EM BLOCOS DE COROAMENTO, ESPESSURA DE *5 CM*. AF_08/2017	M3	SP	168,65	2,20	371,03
	96546	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	KG	CR	13,88	27,42	380,58
	92800	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-60, DIÂMETRO DE 5,0 MM, UTILIZADO EM LAJE. AF_12/2015	KG	CR	10,90	107,86	1175,73
	96545	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	KG	CR	15,55	81,97	1274,64
	95577	MONTAGEM DE ARMADURA DE ESTACAS, DIÂMETRO = 10,0 MM. AF_09/2021	KG	CR	11,96	122,57	1465,98
	38405	CONCRETO USINADO BOMBEAVEL, CLASSE DE RESISTENCIA C25, COM BRITA 0 E 1, SLUMP = 130 +/- 20 MM, EXCLUI SERVIÇO DE BOMBEAMENTO (NBR 8953)	M3	CR	444,18	3,46	1534,98
	98562	IMPERMEABILIZAÇÃO DE FLOREIRA OU VIGA BALDRAME COM ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA, COM ADITIVO IMPERMEABILIZANTE, E = 2 CM. AF_06/2018	M2	CR	37,60	54,36	2043,94
	MOD 97096	CONCRETAGEM DE RADIER, PISO DE CONCRETO OU LAJE SOBRE SOLO, FCK 25 MPA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_09/2021	M3	CR	508,34	4,33	2201,12
	MOD 96557	CONCRETAGEM DE BLOCOS DE COROAMENTO E VIGAS BALDRAMES, FCK 25 MPA, COM USO DE BOMBA –	M3	CR	551,53	5,24	2890,29

	LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_06/2017					
96528	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FORMA PARA BLOCO DE COROAMENTO, EM MADEIRA SERRADA, E=25 MM, 1 UTILIZAÇÃO. AF_06/2017	M2	CR	146,03	20,02	2923,52
-	ESCAVAÇÃO COM PERFURATRIZ PNEUMÁTICA	UN	C	300,00	11,00	3300,00
92411	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FORMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM MADEIRA SERRADA, 2 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	M2	CR	144,79	23,16	3353,34
92785	ARMAÇÃO DE LAJE DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	CR	15,07	280,92	4233,42
92779	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	CR	11,57	18,70	216,38
92800	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-60, DIÂMETRO DE 5,0 MM, UTILIZADO EM LAJE. AF_12/2015	KG	CR	10,90	43,63	475,57
92777	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	CR	15,52	34,84	540,70
92720	CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA, COM USO DE BOMBA EM EDIFICAÇÃO COM SEÇÃO MÉDIA DE PILARES MENOR OU IGUAL A 0,25 M ² - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_12/2015	M3	CR	542,66	1,24	670,20
MOD 92723	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=25 MPA, PARA LAJES PREMOLDADAS COM USO DE BOMBA EM EDIFICAÇÃO COM ÁREA MÉDIA DE LAJES MENOR OU IGUAL A 20 M ² - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_12/2015	M3	CR	543,03	2,85	1547,63
92778	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	CR	13,79	130,46	1799,02
92411	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FORMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM MADEIRA SERRADA, 2 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	M2	CR	144,79	16,47	2384,69

VIGAS/PILARES

	92446	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FORMA DE VIGA, ESCORAMENTO COM PONTALETE DE MADEIRA, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM MADEIRA SERRADA, 1 UTILIZAÇÃO. AF_09/2020	M2	CR	211,69	37,97	8038,72
VEDAÇÃO	103330	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 11,5X19X19 CM (ESPESSURA 11,5 CM) E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_12/2021	M2	SP	75,12	81,91	6153,08
LAJE	MOD 101951	LAJE PRÉ-MOLDADA UNIDIRECIONAL, BIAPOIADA, ENCHIMENTO EM EPS, VIGOTA TRELIÇADA, ALTURA TOTAL DA LAJE (ENCHIMENTO+CAPA) = (8+4). AF_11/2020	M2	CR	144,39	54,05	7804,43